Noch einmal die Farbensysteme.

Von

F. C. Donders.

Einleitung.

In Band XXVII. 1. dieses Archivs veröffentlichte ich eine Abhandlung über die Farbensysteme, worin im Allgemeinen an der Theorie von Young-Helmholtz festgehalten wurde.

Das Verhältniss des normalen Systems zu denen der Farbenblinden fasste ich jedoch anders auf. Anstatt darin nur das Fehlen einer der normalen Energien zu sehen, betrachtete ich es als eine Entwickelungsstufe des normalen, als ein dichroitisches System, dessen beide Energien, verschieden von denen des normalen, complementär zu einander sind und zusammen das neutrale Weiss bilden. Hiermit erledigten sich die Schwierigkeiten, welche, namentlich durch Fick, dem Farbensinn der Netzhautperipherie und der Farbenblindheit entnommen und, meiner Meinung nach, nicht beseitigt worden waren.

Diese Auffassung brachte nun in Bezug auf einige andere Punkte der Theorie von Young eine modificirte

Vorstellung mit sich. In dieser Theorie wird die unvollkommene Sättigung der Spectralfarben, das darin noch sichtbare Weiss, aus dem Zusammenwirken der drei Energien abgeleitet: ich meinte darin vielmehr den Ueberrest der einen und totalen Energie sehen zu müssen des ursprünglichen, noch unvollkommen differenzirten Lichtsinnes, die dem Farbensinn vorausging. Im dichroitischen System der Farbenblinden erkennt man die Entwickelung von zwei Energien als Contraste, an den entgegengesetzten Seiten des Spectrums und wie und wo sich neue hinzufügen, so werden doch schon die beiden primären schwerlich an derselben Seite des sichtbaren Spectrums zusammentreten können.

Mit den hier genannten Modificationen konnte, wie ich meinte, die Theorie von Young-Helmholtz aufrecht erhalten werden.

Inzwischen hatte Ewald Hering*), dessen Bestrebungen überhaupt mehr auf Gegensatz als auf Anschluss gerichtet sind, über die genannte Theorie den Stab gebrochen und eine neue aufgestellt, die er die Theorie der Gegenfarben nennt. Auch ohne eine eigentliche Kritik dieser Theorie im Auge zu haben, konnte ich bei meinen Erörterungen nicht ohne Collision mit ihr bleiben. Und Hering**) hat sich dadurch veranlasst gefunden, meine Arbeit vom Standpunkt seiner Theorie aus einer Kritik zu unterwerfen. Anderswo hatte er sich geäussert, er beabsichtige, seine Theorie später ausführlich darzustellen und erst bei dieser Gelegenheit die Bedenken zu beantworten, die ihr entgegen gehalten wurden. Er meinte nun aber nicht länger schweigen zu dürfen, „wo die Kritik einem

*) In einer Reihe von Mittheilungen, 1872—1874, der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften überreicht und herausgegeben unter dem Titel: Zur Lehre vom Lichtsinne. Wien 1878.

**) Kritik einer Abhandlung von Donders: Ueber Farbensysteme. Prag 1882.

„Versuch gilt, die Young-Helmholtz'sche Theorie „mit der seinigen zu verschmelzen und wesentlich zu „modificiren". So characterisirt Hering meine Darstellung.

Ich meinte anfangs darauf schweigen zu können. Im Allgemeinen kann man, auf naturwissenschaftlichem Gebiete, Widerspruch und Kritik ruhig unbeantwortet lassen: die Wahrheit findet durchgehends bald ihren Weg. In der letzten Zeit habe ich aber die Erfahrung gemacht, dass man sich nicht zu viel hierauf verlassen muss. Namentlich wenn man einem Gegner gegenübersteht, der die Waffen der Kritik so behende zu führen weiss und dem Leser durch den Ton der Siegesgewissheit so imponirt als Ewald Hering, wird Sprechen zur Pflicht.

Diese Erwägung veranlasste die hier folgende Antwort. Sie wird übrigens mehr sein als eine blosse Erwiderung: ich wünschte eine eingehende Prüfung der neuen Theorie, die, meines Erachtens nicht länger ausbleiben durfte, darauf folgen zu lassen und schliesslich die Resultate meiner weiteren Untersuchungen auf diesem Gebiet hinzuzufügen.

Im Interesse des richtigen Verständnisses erscheint es angemessen, gleich beim Anfange eine Uebersicht zu geben der

I. Hauptsätze von Herings Theorie.

Hering geht aus „von einer ganz vorurtheilsfreien Analyse der Gesichtsempfindungen". Diese Analyse führt ihn zu sechs „Grundempfindungen", die sich zu drei Paaren ordnen: Schwarz und Weiss, Blau und Gelb, Grün und Roth. Es wird vorausgesetzt, dass sie an eine „Sehsubstanz" gebunden sind; und jedes der genannten drei Paare ist durch einen Dissimilirungsprocess D, und einen Assimilirungsprocess A besonderer Qualität vertreten, „so dass also die

„Sehsubstanz in dreifach verschiedener Weise der chemischen „Veränderung oder des Stoffwechsels fähig ist."

Es ist auch erlaubt, und es vereinfacht die Darstellung, statt einer homogenen Substanz, gleichsam ein Gemisch dreier chemisch verschiedener Substanzen anzunehmen, und diese kurzweg als die schwarz-weisse, die blau-gelbe und roth-grüne zu unterscheiden und erstere als die farblose den beiden anderen als den farbigen entgegenzusetzen.

In der schwarz-weissen nun entspricht D Weiss, A Schwarz. Für die blau-gelbe und die roth-grüne Substanz lässt Hering es „vorerst ausdrücklich dahingestellt „sein, welche Farbe die D-Farbe, und welche die A-„Farbe ist."

In den drei Substanzen haben gleichzeitig D und A statt, in der schwarz-weissen aber, weil sie viel mehr entwickelt ist, viel kräftiger als in den beiden anderen. Darum ist auch „das Gewicht der immer gleichzeitig vorhan-„denen sechs Grundempfindungen ein sehr verschiedenes: „relativ gross das der schwarzen und weissen, sehr klein „das der vier farbigen Grundempfindungen, die oft selbst „unter der Schwelle bleiben."

„Alle Strahlen des sichtbaren Spectrums", so heisst es weiter, „wirken dissimilirend auf die schwarz-weisse „Substanz, aber die verschiedenen Strahlen in verschie-„denem Grade. Auf die blau-gelbe oder die grün-rothe „Substanz dagegen wirken nur gewisse Strahlen dissimi-„lirend und gewisse Strahlen gar nicht."

„Gemischtes Licht erscheint farblos, wenn es sowohl „für die blau-gelbe als für die roth-grüne Substanz ein „gleich starkes Dissimilirungsmoment setzt, weil dann „beide Momente sich gegenseitig aufheben und die Wir-„kung auf die schwarz-weisse Substanz rein hervor-„tritt."

„Zwei objective Lichtarten, welche zusammen Weiss „geben, sind also nicht als complementäre, sondern als

„antagonistische Lichtarten zu bezeichnen, denn sie er-
„gänzen sich nicht zu Weiss, sondern lassen dieses nur
„rein hervortreten, weil sie als Antagonisten sich gegen-
„seitig ihre Wirkung unmöglich machen."

Den drei Substanzen entsprechen weiter drei Arten von D-Erregbarkeit und von A-Erregbarkeit, die alle variable Grössen sind. „Daher kann dasselbe Lichtgemisch nicht nur bald heller und bald dunkler, sondern auch bald irgendwie farbig und farblos erscheinen, je nach den Verhältnissen der eben vorhandenen sechs Erregbarkeiten, welche das bedingen, was ich die Stimmung des Sehorganes nennen will."

Soviel lehrt uns § 42.

Was man unter dem Gewicht einer Empfindung zu verstehen habe, wird in § 29 (vom Gewicht der Gesichtsempfindungen) und in § 43 (vom Gewicht der Farbenempfindungen) auseinandergesetzt.

Hering war zum Resultat gekommen: „dass die Art
„(Helligkeit oder Dunkelheit) einer farblosen Gesichts-
„empfindung ausschliesslich bestimmt ist durch das Ver-
„hältniss, in welchem die Intensität oder Grösse der
„Dissimilirung der Sehsubstanz zu ihrer gleichzeitigen
„Assimilirung steht."

Von den absoluten Grössen von D und A würden „Helligkeit und Dunkelheit" durchaus unabhängig sein.

Nun frägt er in § 29, was denn die absolute Grösse bedeutet. Und die Antwort lautet: „sie bestimmt das Gewicht der entsprechenden Empfindung."

Dies wird näher erläutert:

„Liegen einer Empfindung, wie z. B. dem Grau, zwei
„gleichzeitige psycho-physische Processe verschiedener
„Qualität zu Grunde, so giebt die Summe der Grössen
„beider Processe das Gewicht der resultirenden oder Misch-
„empfindung. Die Deutlichkeit, mit welcher in einer sol-
„chen zusammengesetzten Empfindung jede einzelne relativ

„einfache Empfindung hervortritt, hängt ab von dem Ver-
„hältnisse, in welchem ihr eigenes Gewicht zum Gesammt-
„gewichte der resultirenden oder zusammengesetzten Em-
„pfindung steht. So ist die Helligkeit oder Weisslichkeit
„einer grauen Empfindung bestimmt durch das Verhältniss
„des Gewichtes der weissen Empfindung (oder der Grösse
„der Dissimilirung) zum Gesammtgewichte der grauen
„Empfindung, d. h. zur Summe der Gewichte der weissen
„und der schwarzen Empfindung (oder der Grössen der
„Dissimilirung und der Assimilirung)."

„Ist eine schon zusammengesetzte Empfindung", so fährt er fort, „wie z. B. Grau, wieder eine Componente einer noch complicirteren Verbindung, z. B. des Grau-blau, so hängt die Deutlichkeit, mit welcher das Grau in dieser Empfindung hervortritt, wieder ab von dem Verhältnisse, in welchem das Gewicht der grauen Empfindung zum Gesammtgewichte der grau-blauen steht."

Hierin liegt das „psycho-physische Grundgesetz" eingeschlossen, wovon Hering, im Gegensatze zu Fechner ausgeht. „Dieses Gesetz besagt", so lesen wir, „dass die Reinheit, Deutlichkeit oder Klarheit irgend einer Empfindung oder Vorstellung abhängt von dem Verhältnisse, in welchem das Gewicht derselben, d. i. die Grösse des entsprechenden psycho-physischen Processes steht zum Gesammtgewichte aller gleichzeitig vorhandenen Empfindungen und Vorstellungen, d. i. zur Summe der Grössen aller entsprechenden psycho-physischen Processe."

In diesem Gesetz und in den Processen von Dissimilirung und Assimilirung mit D- und A-Erregbarkeiten in drei Sehsubstanzen wurzelt, sowie wir in den Schlussbemerkungen lesen, die neue Theorie.

Diese Uebersicht wird genügen. Der Nachweis, dass die einzelnen Theile des nervösen Sehorganes in inniger functioneller Wechselbeziehung stehen, dem die zwei ersten Mittheilungen gewidmet sind, steht mit der Theorie in

keinen directen Verband, sie dürfen darum hier übergangen werden. Soweit nöthig, wird ihrer weiterhin Erwähnung geschehen.

II. Antikritik.

Hering's Kritik zerfällt in vier Theile, die zur Aufschrift tragen:

a) Donders nimmt die meisten Hauptsätze der Theorie der Gegenfarben an;

b) Donders versucht die Gegenfarbentheorie in zwei Punkten abzuändern;

c) Donders sucht die Vierfarbentheorie mit der Dreifarbentheorie von Young-Helmholtz zu combiniren;

d) Widerlegung der von Donders gegen die Theorie der Gegenfarben erhobenen Bedenken.

Was a, b und c angeht, werde ich dem Autor Schritt für Schritt folgen. Dabei wird Gelegenheit sein, soviel nöthig, auch auf d zu antworten.

a) Donders nimmt die meisten Hauptsätze der Theorie der Gegenfarben an.

Diese Behauptung überraschte mich. Ich hatte die Gegenfarben mit ihren Consequenzen bestritten. Wie konnte behauptet werden, dass ich, der ich den Kern der Theorie, die Gegenfarben, verwarf, die meisten Hauptsätze der Theorie annehme?

Bei weiterem Lesen löst sich mir das Räthsel. Es stellte sich heraus, dass von andern Autoren entlehnte und der Theorie einverleibte Resultate und Ideen hier zu ihren „Hauptsätzen" erhoben werden, und, jene Resultate und Ideen unterschreiben heisst — sich mit den Hauptsätzen der Theorie einverstanden erklären.

Ein erstes Beispiel:

Neben Schwarz und Weiss nehme ich die vier einfachen Farben an, die, durch Lionardo da Vinci als solche unterschieden, durch Göthe bei der Nomenclatur in den Vordergrund gestellt werden, durch Aubert nachdrücklich als principale bezeichnet, durch Mach als einfache, mit einfachen psycho-physischen Processen in Verbindung gebracht werden, und siehe, — damit unterschreibe ich nach Hering einen der Hauptsätze seiner Theorie.

Ein zweites:

Newton's Farbenkreis setzt voraus, dass die Complementärfarben darin sich diametral gegenüberliegen. Bei Brücke tritt dies als Postulat in den Vordergrund. Ich stellte die gleiche Forderung: „Mit mir", sagt Hering, als ob ich seine Theorie zu Rathe gezogen und einen ihrer Grundsätze adoptirt hätte.

Ueberdies übersieht er, dass ich, nicht zufrieden mit einem theoretischen Requisit, mir die Mühe gab, aus frischen Farben mit gleich merkbaren Unterschieden auf rein empirischem Weg alle Uebergangstinten durch Mischung darzustellen und nun als Resultat erhielt, dass bei radiärer Anordnung auf der Peripherie eines Kreises (von 1 Meter Durchmesser), bei Einhaltung gleicher Abstände, überall die Complementärfarben sich annähernd diametral gegenüberliegen. Diese zeitraubende Arbeit war nicht überflüssig. Es musste noch untersucht werden, ob die complementären Farbenunterschiede ungefähr gleich weit auseinanderliegen, und diese Frage wurde hier, wie ich glaube, zum ersten Mal entschieden und zwar in bejahendem Sinn.

Wir kommen zu den psychophysischen Processen.

Hering citirte die Sätze von Mach: „Jedem Psy-
„chischen entspricht ein Physisches und umgekehrt.
„Gleichen psychischen Processen entsprechen gleiche phy-
„sische, ungleichen ungleiche. Allen Details des Psychi-
„schen correspondiren Details des Physischen." Dagegen

hatte ich nichts einzuwenden. „Bei allen psychophysischen Processen", so drückte ich mich aus, „hat „man, wo immer es sich um dergleichen Vorgänge han„delte, wo nicht Einheit, so doch absolute Correspondenz „zwischen dem psychischen und physischen Elemente „angenommen." Hat Fechner *) nicht schon gesagt: „Leib und Seele gehen mit einander; der Aenderung „im einen correspondirt eine Aenderung im andern?" Haben seine Worte: „Die geistige und leibliche Seite des „Menschen gehören ebenso untrennbar zusammen, als die „convexe und die concave Seite eines Kreises" eine andere Bedeutung? — Und schon vor Fechner wurde hier und anderswo dasselbe gelehrt.

Und nun schreibt Hering: „Demnach postulirt Don„ders, ebenso wie ich, für die vier einfachen Farben vier „entsprechende specifische Processe, Schwarz und Weiss „nicht inbegriffen."

Und über die centrale Substanz:

Knüpfe ich die genannten Processe an denselben Stoff, an dieselbe Form, so bemerkt Hering: „Auch ich „habe als Träger der fraglichen psychophysischen Pro„cesse eine Substanz angenommen, welche in verschiedenen „Weisen der chemischen Veränderung oder des Stoff„wechsels fähig ist", und schliesst: „Abgesehen also davon, „dass Donders diese Substanz als centrale Substanz be„zeichnet, während ich sie Sehsubstanz nannte, besteht „auch hier keine Differenz zwischen Donders und mir."

Muss ich Hering hinweisen auf die „Sehsinnsubstanz" von Joh. Müller **), einem Meister, bei dem wir beide zur Schule gingen, „eine Substanz, die von jedwedem „Reiz, welcherlei Art er immer sei, aus ihrer Ruhe zur „Affection bewegt, diese ihre Affection in den Energieen

*) Elemente der Psychophysik. 1860. Bd. I., S. 5.

**) Zur vergleichenden Physiologie des Gesichtssinnes, S. 44 u. ff. 1826.

„des Lichten, Dunkeln, Farbigen sich selbst zur Empfin-
„dung bringe."

Sollte irgend ein Physiolog, sollte Helmholtz, der in der Young'schen Theorie eine Anticipation der Lehre von den physiologischen Energien erkannte, wie sie durch Joh. Müller entwickelt werden sollte, anders davon denken? Welchen Sinn haben dann die Worte Hering's: „Auch hier keine Differenz zwischen Donders und mir?"

Hering bringt nun in Erinnerung, dass, unter dem Einfluss des Lichts, in der Sehsubstanz ein chemischer Process entsteht oder, dass eine chemische Veränderung in entgegengesetzter Richtung diese Substanz auf ihren ursprünglichen Zustand zurückbringt, und lässt darauf folgen:

„Donders acceptirt auch diese meine Auffassung,
„braucht jedoch nicht die Worte Dissimilirung und Assi-
„milirung, sondern sagt statt dessen Dissociation und
„Neubildung der Moleküle."

Ich wüsste wahrlich nicht, was ich hier von Hering zu acceptiren hätte. An Verbrauch und Regeneration in den Geweben zweifelt doch niemand; die durch das Licht in der Retina hervorgerufene Veränderung hatte ich schon lange als photochemischen Process erkannt, und wählte ich das Wort Dissociation, dann hatte ich damit nicht gewartet, bis Hering von Dissimilirung gesprochen hatte. Ich glaube sogar den Terminus in die Physiologie eingeführt zu haben*), nachdem es sich mir gezeigt hatte, dass der Gasaustausch bei der Athmung auf Dissociation, wie der Begriff in der Thermochemie festgestellt worden war, zurückgeführt werden kann. Alle Erscheinungen des Gaswechsels zwischen Luft und Blut und im Blute selbst liessen sich aus diesem Process erklären, und was derselbe über den Austausch des Kohlenoxydes und überhaupt über

*) Onderz. physiol. Labor. I. p. 92.

den Einfluss verschiedener Temperaturen auf die Schnelligkeit des Austausches verschiedener Gase voraussagen liess, fand ich durch Experimente bestätigt. Diesem Processe der umkehrbaren Dissociation stellte ich, als nicht umkehrbaren, das Zerfallen der Moleküle in den sogenannten Stoffwechselproducten, in den lebenden Geweben gegenüber, nachdem ich mich noch einmal überzeugt hatte, dass von dem begierig aufgenommenen Sauerstoff aus den lebenden Geweben selbst bei einer Temperatur von 100° keine Spur zu erhalten ist, während sie schon bei niedrigen Temperaturen Kohlensäure regelmässig entwickeln und zwar, innerhalb gewisser Grenzen, in der Temperatur proportionaler Mengen. Konnte es anders geschehen, als dass ich diese Vorstellungen auch auf die Sehsinnsubstanz übertrug?

Wo in dem Obenstehenden Hering auf Uebereinstimmung hinweisen konnte, war offenbar nichts im Spiele, was „Grundsatz" der Theorie genannt werden kann, nichts was seine Theorie charakterisirt. Nun aber haben wir uns einem Punkt genähert, der in der That unter die „Cardinalpunkte" derselben gerechnet zu werden verdient und zwar einem solchen, für welchen er die Autorschaft ungeschmälert in Anspruch nehmen kann: ich meine die Vorstellung, dass die Bilduug neuer Moleküle, die Assimilirung Hering's, das materielle Correlat der Schwarzempfindung sein soll.

Aber siehe! hier beruht die gewähnte Uebereinstimmung auf einem Missverständniss. Meine Worte sind diese: „Mit der Empfindung Weiss ist die vollständige Disso-„ciation der Moleküle verbunden. Schliesst man das Licht „ab, dann geht die Empfindung allmählich in Schwarz über. „Während dem steigt die Anzahl der Moleküle und zeigt „sich gesteigerte Neigung zur Dissociation an."

Hering aber hatte gesagt: „Nach vorabgegangener „Einwirkung und dem darauffolgenden Abschlusse des „Lichtes überwiege die Assimilirung und also die der-

„selben (der Assimilirung) correspondirende Empfindung „des Schwarz."

„Also mit andern Worten", so schliesst er, „ganz dasselbe, was Donders sagt."

Bis auf einen kleinen aber vielbedeutenden Unterschied. „Und also", sagt Hering und machte dadurch die Schwarzempfindung von dem Uebergewicht der Assimilirung abhängig. Bei mir ist nichts dergleichen zu finden, nichts, was zeigte, dass ich der Molekülbildung (Hering's Assimilirung) irgendwelche directe psychophysische Bedeutung zugeschrieben hätte.

„Zweitens habe ich", sagt Hering weiter, „zuerst „darauf aufmerksam gemacht, dass das reine oder tiefe „Schwarz überhaupt nur örtlich in Folge simultanen Con„trastes auftritt." Anderswo *) aber schrieb er: „Gleich„wohl ist es eine Thatsache der alltäglichen Erfahrung, „welche ich jedoch noch nirgends besonders betont ge„funden habe, dass die eigentlich schwarze Empfindung „erst unter dem Einflusse des äusseren Lichtreizes zu „Stande kommt." Und in der That ist es uns Allen bekannt, dass allein neben Weiss die Schwarzempfindung intensiv hervortritt. Man liest dies bei Helmholtz, man findet es bei Delboeuf „betont", und dem Ausspruch Hering's entspricht durchaus die Beschreibung Aubert's, der im Dunkeln beim Sichtbarwerden eines glühenden Drahtes die subjectiven Lichterscheinungen verschwinden sah. Von „ohne Weiteres annehmen" zweier Punkte aus seiner Theorie, welche er mit „als Cardinalpunkte derselben bezeichnen darf", kann also keine Rede sein.

Endlich erinnert Hering, wie er die Ermüdungstheorie von Fechner und Helmholtz bestritten habe, und wie auch ich kein unbedingter Anhänger derselben

*) Zur Lehre vom Lichtsinn. S. 63.

sei. „Auch er (Donders) nimmt an, dass der psycho-„physische Process, welcher einer farbigen Empfindung „entspricht, in dem Masse als er besteht und andauert, „den der Gegenfarbe oder Complementärfarbe entsprechen-„den Process hervorruft." Hering citirt meine darauf sich beziehenden Worte: „Wir haben zu berücksichtigen, „dass jede Farbe, indem sie sich selber erschöpft und die „complementäre hervorruft, bei ihrem Auftreten sofort zu „erblassen beginnt, um so schneller, je grösser ihre Licht-„stärke." Ist diese Vorstellung von ihm entlehnt? Ist sie nicht nothwendig in meiner partiellen Dissociation enthalten und wird das „direct erzeugen" der Complementärfarbe aus der partiellen Dissociation nicht sogar leichter begreiflich als aus Hering's Theorie?

Man sieht, in welch sonderbarem Wahn Hering befangen ist, wenn er seine erste Behauptung mit den Worten schliesst:

„Ich glaube im Obigen hinreichend dargethan zu haben, „dass Donders die meisten wesentlichen Sätze meiner „Theorie einfach angenommen hat."

b) Donders versucht die Gegenfarbentheorie in zwei Punkten abzuändern.

„Den ersten Abänderungsversuch", so lesen wir, „macht Donders bei der Erörterung der psycho-physischen „Processe, welche den verschiedenen farblosen Lichtempfin-„dungen entsprechen sollen".

Die Erörterung, auf welche Hering abzielt, ist sehr kurz und möge daher wiederholt werden.

„Mit der Empfindung von Weiss," schrieb ich*), ist „die vollkommene Dissociation der Moleküle verbunden, „wie sie unter dem Einfluss der sämmtlichen Sonnenstrahlen

*) v. Graefe's Arch. f. Ophthalmol., B. XXVII. 1, S. 174.

„geworden ist und sich auch wohl offenbaren musste. Sie „darf vollständig heissen, weil die Moleküle, die aus diesen „Dissociationen hervorgehen, keiner weitern Dissociation „fähig sind. Dies wird dadurch bezeugt, dass bei mässiger „Intensität die Empfindung von Weiss anhalten kann, ohne „sich der Art nach zu ändern und ohne zu secundären „Empfindungen zu disponiren, was ausschliesslich der Em- „pfindung von Weiss eigen ist. Selbst quantitativ kann „sie geraume Zeit unverändert bleiben, indem bei mässigem „Licht die Bedingungen erfüllt sind, worunter Verbrauch „(Dissociation) und Neubildung der Moleküle, unter dem „Einfluss der Ernährung, einander aufwiegen. Schliesst „man jetzt das Licht ab, dann geht sie allmählich in „Schwarz über, ebenfalls ohne Aenderung ihrer Qualität. „Während dem steigt die Anzahl der Moleküle durch Ueber- „wiegen der Neubildung und offenbart sich grössere Neigung „zu Dissociation. Endlich können Bildung und Verbrauch „hierbei einander gleich werden, und zwar mit Reduction „beider zu einem Minimum. Die Empfindung nähert sich „dann dem Schwarz, während vollständiges Schwarz nur „örtlich unter dem Einfluss von Contrast vorkommt. In „diesem Zustande hat die Empfindlichkeit ihr Maximum „erreicht."

Der unbefangene Leser wird eingesehen haben, dass hier von der Dissociation in ihrem Verhalten zu dem einfallenden Licht, als physischem Correlate aller Lichtempfindung, ausgegangen wird, so dass von Bildung von Molekülen nur die Rede ist, insofern dieselbe zur Unterhaltung der Dissociation dienen muss.

Nicht so Hering. Er liest in meinen Worten, dass ich das physische Correlat nicht in der Dissociation als solcher suche, sondern, conform seiner Theorie, in dem Verhalten von D zu A.

„Schliesst man das Licht nun ab," so hatte ich gesagt, „dann geht die Weissempfindung ohne Aenderung ihrer

„Qualität allmählich in die von Schwarz über: während dem „steigt die Anzahl Moleküle durch Ueberwiegen der Neu„bildung und offenbart sich grössere Neigung zur Disso„ciation." — Was sollte dies anderes bedeuten, als dass beim Abschlusse des Lichtes die Weissempfindung verschwindet und dass gleichzeitig die Anzahl spaltungsfähiger Moleküle wieder steigt? An einen Causalzusammenhang zwischen diesem Steigen und der Schwarzempfindung habe ich nicht gedacht. Und nach Hering soll es beweisen: „dass Donders der Empfindung des Schwarz ein Ueber„wiegen der Neubildung über den Verbrauch entsprechen „lässt."

Ebenso unrichtig ist seine Auffassung des vorhergehenden Satzes, in welchem angenommen wird, dass die Dissociation, und damit die Empfindung längere Zeit unverändert bleiben können, wenn bei mässigem Licht die Bedingungen erfüllt sind, unter welchen Verbrauch (Dissociation) und Neubildung der Moleküle unter dem Einfluss der Ernährung einander aufwiegen. Hering liest darin, dass ich dem Gleichgewicht zwischen Neubildung und Verbrauch eine Reihe von Helligkeitsempfindungen entsprechen lasse, „die ganze Scala der Empfindungen, „welche mässiges Licht in uns erweckt", während das Gleichgewicht durch mich nicht für diesen oder jenen bestimmten Helligkeitsgrad postulirt wird, sondern einzig und allein für das Gleichbleiben dieses Grades, wie immer er auch sein möge: unverändert aber kann er allein bleiben, wenn, durch Gleichgewicht zwischen Neubildung und Verbrauch gleiche Moleküle in gleicher Anzahl für die Dissociation verfügbar bleiben.

Liegt die Schuld an dem Missverständnisse bei mir? Meine Erklärung war etwas kurz und gedrungen, aber bei ruhigem Lesen doch wohl zu verstehen und sicher nicht doppelter Auffassung fähig.

Doch, abgesehen von Missverständnissen, bestreitet

Hering auch die Voraussetzung selbst, dass bestimmte Helligkeitsgrade bei constantem mässigem Licht längere Zeit hindurch constant bleiben könnten. Eine solche Behauptung hält er „mit den Thatsachen in offenbarem Widerspruch". Ist es denn nicht wahr, dass man bei demselben Licht Stunden lang seine Thätigkeit fortsetzen kann, ohne merkliche Abnahme der Sehschärfe? Lesen bei zu schwachem Licht ermüdet, macht die dabei geforderte Anstrengung mühsam; — zu starkes Licht blendet und stumpft schliesslich ab. Aber innerhalb ziemlich weiter Grenzen — ich überzeugte mich hiervon durch specielle Versuche — bleibt bei demselben Licht die Sehschärfe längere Zeit stationär, und daher auch die Helligkeit, wovon sie abhängig ist.

Hering gründet seinen Widerspruch auf die „Ermüdungs- und Nachbilder-Erscheinungen." Nachbilder von zwei weissen Feldern auf dunkelm Grund verrathen jeden Helligkeitsunterschied zwischen den Feldern selbst. Mit dieser Thatsache soll meine Vorstellung unvereinbar sein. „Wenn sich bei Betrachtung der beiden weissen Felder „an den beiden betroffenen Stellen des Sehorganes über„haupt nichts ändert, so kann," sagt Hering, „auch eine „zurückbleibende Verschiedenheit der beiden Stellen nicht „angenommen werden." Vollkommen zugestimmt! Aber ich habe wahrlich nicht behauptet, dass zwei Stellen, die dem Licht von verschiedener Intensität ausgesetzt sind, einander gleich bleiben. Von dem ganzen Process der Veränderung und Anpassung kann man sich leicht eine Vorstellung bilden. Das Gesichtsfeld sei eine gleichmässig graue Fläche und das Auge fixire einen bestimmten Punkt: nach kurzer Zeit sind Neubildung und Verbrauch im Gleichgewicht. Nun werden auf der grauen Fläche zwei weissere Felder angebracht; an den betreffenden Stellen nimmt nun die Dissociation zu und damit die Helligkeit, nimmt aber rasch wieder ab, weil die Neubildung, obwohl vermehrt,

mit ihr nicht gleichen Schritt hält und wird stationär, sobald Verbrauch und Neubildung im Gleichgewicht sind. Bei diesem Gleichgewicht sind Verbrauch und Neubildung nur lebendiger als auf dem grauen Feld, die Empfindung, in Folge des schnellern Verbrauchs, auch intensiver, die Zahl der vorhandenen Moleküle aber nicht vermehrt, sondern im Gegentheil vermindert. Und diese Verminderung, zugleich mit Reduction ihres Labilitätszustandes, muss sich in den Nachbildern als geringere Helligkeit offenbaren. Natürlich verschwinden die Nachbilder bald, weil die noch fortdauernde stärkere Neubildung den gleich beschränkten Verbrauch übersteigt und ihn demzufolge bald wieder auf sein normales Maass erhebt.

So wird von den Erscheinungen hinreichend Rechenschaft gegeben.

Dass Hering sich meiner Vorstellung entgegenstellte, befremdet mich übrigens nicht. Nehmen wir an, dass bei ziemlich grosser Lichtstärke eine Helligkeit fortbesteht, ansehnlich grösser als das „mittlere Grau," und daher, nach Hering's Theorie, ansehnlich mehr Verbrauch als Neubildung stattfindet, wie bald muss dann die dissimilirbare Substanz — und damit auch die Dissimilirung selbst, auf ein Minimum reducirt sein, womit die grosse Helligkeitsempfindung unvereinbar ist?"

Ich gehe zu dem zweiten Punkt über, worin ich darnach getrachtet haben soll, „die Gegenfarbentheorie „abzuändern." Er betrifft „die den vier einfachen Farben „correlaten psycho-physischen Processe."

Wie stellt Hering sich diese Processe vor?

Der Kern seiner Theorie liegt, wie wir sahen, in den „Gegenfarben". Weiss und Schwarz, — nach seiner Würdigung Empfindungen gleicher Dignität, — bringt er mit der schwarz-weissen Substanz in Verbindung, und zwar Weiss mit ihrer Dissimilirung D, Schwarz mit ihrer Assimili-

rung A. Diese Gegenüberstellung überträgt er auf die Farben. In der roth-grünen und der blau-gelben Substanz würde eine der Farben an D, die andere an A gebunden sein. Weiter aber verfolgt er die Analogie nicht. In der schwarz-weissen Substanz machen sich die Processe D und A und ihre entsprechenden Empfindungen nebeneinander geltend, und aus der Mischung beider würden alle Uebergänge hervorgehen. In den beiden andern Substanzen dagegen werden die Processe D und A und die entsprechenden Farben roth und grün, gelb und blau zu Antagonisten, die einander feindlich gegenüberstehen und sich gegenseitig ausschliessen. Wo in den Lichtwellen für beide die Entstehungsbedingungen enthalten sind, kommt allein diejenige zu ihrem Recht, die das Uebergewicht hat, und insofern sie das Uebergewicht hat, und macht das Uebergewicht sich auch nur geltend im Gewicht, wie Hering es nennt, der Empfindung.

Gegenüber dieser Vorstellung stehe nun die meine.

„Die Empfindungen der einfachen Farben", so drückte ich mich aus *), „knüpfen wir an partielle Dissociationen „derselben Moleküle. Im Gegensatz zu der Empfindung „von Weiss, die unverändert andauert, rufen sie die com- „plementäre hervor, die, sofort begonnen, an Kraft zu- „nimmt. Das Erblassen der Farbe ist hiervon die Folge. „Ist sie über das ganze Gesichtsfeld verbreitet, dann wird „in der Wahrnehmung die Farbe zum Schlusse beinahe „unmerklich: die Empfindung wird neutral. Die Erklärung „ist diese, dass von der primären (partiellen) Dissociation „Moleküle übrig bleiben, deren secundäre Dissociation die „complementäre Empfindung entwickelt. Diese letzteren „dissociiren allmählich spontan, auch ohne adäquaten Reiz, „aber bekommen doch mehr und mehr die Oberhand, so „dass schliesslich bei gleicher directer und indirecter Disso-

*) v. Graefe's Arch. f. Ophthalm. Bd. XXVII. 1, S. 175.

„ciation ein Gleichgewichtszustand mit neutraler Empfin-
„dung eintreten würde."

„So vindicirt das Organ seine vollständige Energie.
„Fällt nun wieder weisses Licht ins Auge, dann macht
„sich sofort die Complementäre geltend, bis mit dem Ver-
„schwinden der secundären Moleküle das Gleichgewicht
„wieder hergestellt ist.

„Manche partiellen Processe können nebeneinander
„bestehen. Wir sehen davon den Beweis in den zusammen-
„gesetzten Farben, worin wir zwei einfache wieder er-
„kennen: Gelb mit Grün und mit Roth, Grün mit Gelb
„und mit Blau; Blau mit Grün und mit Roth, — zu-
„sammen vier Combinationen, durch deren Vermittelung
„sämmtliche Farben einen geschlossenen Ring bilden.
„Diese Combinationen beruhen jede auf zwei Formen von
„partieller Dissociation, die nebeneinander in denselben
„Molekülen vorkommen, weil sie sich nicht zu einer
„totalen Dissociation verbinden können."

Gegen diese meine Vorstellung nun ist die Kritik von Hering hauptsächlich gerichtet.

Seine erste Einwendung betrifft die Entstehung von Weiss aus zwei Complementärfarben. Nachdem er daran erinnert hat, dass nach meiner Vorstellung die Einwirkung einer bestimmten Lichtsorte, z. B. gelben Lichts, ein Restmolekül zurücklasse, das die Empfindung der Complementärfarbe, d. i. blau, hervorrufen könne, fährt er fort: „Aber ganz derselbe, der Empfindung Blau correlate
„Dissociationsprocess, welcher sich bei der Einwirkung
„gelben Lichtes indirect und secundär entwickeln soll,
„kann, nach Donders, auch primär unter der Einwirkung
„blauen Lichtes entstehen. Bei dieser Art partieller Dis-
„sociation eines Moleküls bleibt ebenfalls ein Restmolekül,
„dessen indirecte, secundäre Dissociation nun ganz das-
„selbe darstellt, was soeben als primäre, dem Gelb ent-
„sprechende partielle Dissociation erörtert wurde."

„Wenn also die beiden Processe, welche einerseits „der gelben, andererseits der blauen Empfindung correlat „sind, gleichzeitig in der Sehsubstanz stattfinden, so sollen „wir weder die eine noch die andere Empfindung haben, „sondern Weiss empfinden. Wo bleibt bei dieser Auf- „fassung die von Donders selbst betonte absolute Corre- „spondenz des physischen und psychischen Elementes? „Weiss ist als Empfindung genommen doch ganz anderer „Qualität als Gelb oder Blau."

Hering vergisst, dass ich scharf unterschieden habe zwischen „Mischung" und „Verschmelzung". „Gewisse partielle Processe", so schrieb ich, „können nebeneinander „bestehen. Wir sehen davon den Beweis in den zusammen- „gesetzten Farben, worin wir zwei einfache wieder er- „kennen: Gelb kann sich sowohl mit Grün als mit Roth „verbinden; Grün mit Gelb und mit Blau; Blau mit Grün „und mit Roth, — zusammen vier Combinationen, durch „deren Vermittelung sämmtliche Farben einen geschlos- „senen Ring bilden — alles Combinationen, bei welchen „noch ein Rest der Moleküle übrig bleibt, der die Com- „plementärfarben vergegenwärtigt. Aber weder aus (com- „plementärem) Grün und Roth, noch aus Gelb und Blau „kann sich eine zusammengesetzte Farbe bilden, eben weil „sie complementär sind und ihre Verschmelzung daher „totale Dissociation mit sich bringt."

Weiter habe ich hervorgehoben, dass man überhaupt nicht von Mischung sprechen kann, wo zwei Processe sich zu einem dritten verschmelzen, sui generis, wie ich hinzusetzte, und wo man daher gemäss den Grundprinci- pien der Psycho-Physik auch eine Empfindung sui ge- neris erwarten müsse.

Anderswo erkennt Hering*) mit so vielen Worten, dass von vornherein nicht einzusehen ist, warum zwei

*) Zur Lehre vom Lichtsinne, S. 109.

seiner Antagonisten nie gleichzeitig in einer Farbe deutlich bemerkbar sind. „Warum", sagt er, „soll es keine „Farbe geben, die zugleich Roth und Grün oder Gelb und „Blau zu enthalten scheint? Eine Antwort hierauf ist „vorerst unmöglich." — Er hat wohl Recht, sich hierüber zu verwundern. Seine Gegenfarben stehen zu einander wie Dissimilirung und Assimilirung, d. h. Weiss und Schwarz. Weiss und Schwarz nun combiniren sich zu dem neutralen Grau, in welchem, so lehrt Hering, beide sichtbar sind. Warum denn nicht ebenso Roth und Grün, Gelb und Blau? Sie stehen doch, ebensogut wie Weiss und Schwarz, zu einander wie D : A, und zwar in einer analogen oder, was Hering noch mehr zusagt, in einer und derselben Substanz. Er muss sich desto mehr hierüber wundern, als nach seiner Vorstellung Roth und Grün, Gelb und Blau in fast allen Processen constant vorkommen, aber nur unter der Schwelle bleiben. Meine Vorstellung von der partiellen Dissociation neben der totalen braucht nach keiner Erklärung zu suchen. Die Processe der Complementärfarben gehen in die totale auf und geben dadurch ihr selbstständiges Bestehen Preis.

„Ein zweiter theoretischer Einwand: ein Nebenein-„ander-Bestehen zweier nicht complementärer partieller „Dissociationen in denselben Molekülen ist undenkbar."

So behauptet Hering.

Auf den Vordergrund stellte ich: in demselben Stoff, in demselben Formelement. Dass die sich combinirenden Processe auch in denselben Molekülen vor sich gehen sollten, habe ich nicht ausdrücklich gesagt. Zu lesen steht: „Diese Combinationen (Gelb und Roth u. s. w.) beruhen „jede auf zwei Formen von partieller Dissociation, die „nebeneinander in denselben Molekülen vorkommen, „weil sie sich nicht zu einer totalen Dissociation „verbinden können." Man sieht, die Phrase ist nicht correct. „Weil" kann sich nicht beziehen auf „denselben

Molekülen." Diese Worte wurden eingeschoben, um mit demselben Satz auszudrücken, dass, auch in denselben Molekülen gedacht, die beiden Formen sich nicht zu einer totalen Dissociation verbinden würden. So hat das Streben nach Kürze mir einen Possen gespielt. Uebrigens handelt es sich hier um eine Frage, die auf meine Vorstellung von der Dissociation als psycho-physisches Correlat der Empfindung ohne jeglichen Einfluss ist. Sie postulirt nur dieselbe Substanz in derselben Zelle und in dieser Substanz die Moleküle in verschiedenen Dissociationsphasen. Doch ist bei der Complicirtheit, die ich den lebenden Molekülen zuschreiben zu müssen glaube, das Bestehen von zwei partiellen Dissociationen in demselben Molekül auch keineswegs undenkbar.

Ich beantwortete dieses zweite Bedenken Hering's etwas ausführlicher, weil ich nicht zugeben kann, dass „das Ganze — Moleküle und ihre Dissociationen — wohl „nur eine Art Gleichniss sein soll, und als solches keinen „Anspruch auf strengere Durchführbarkeit erhebt."

In meinen Augen liegt in dieser Vorstellung etwas Reelles. Spaltung von Molekülen, so weit dieselbe gehen kann, müssen wir uns verbunden denken mit der Empfindung von Weiss, als dem Resultat der Einwirkung sämmtlicher Strahlen des Sonnenlichts. Und was den Farbensinn betrifft, so liegt in der secundären Farbe des Nachbildes, die mit der primären vereinigt Weiss bildet, beinahe ein Zwang zu der Vorstellung von zwei partiellen Spaltungen, die, wo sie zusammentreffen, unter Preisgebung ihres selbstständigen Bestehens, in die totale aufgehen.

Hering weist auf die Analogie meiner Vorstellung mit den Grundgedanken Schopenhauer's*) und theilt

*) Der Ausgangspunkt meiner Betrachtungen lag in der Dissociation der Moleküle. Uebrigens ist es sehr wohl möglich,

uns mit, dass er dieselben bereits vor der Publication seiner Mittheilungen über den Lichtsinn sorgfältig erwogen, aber unbrauchbar befunden hatte. Was ihn vor Allem veranlasst hatte, sie als unverwerthbar zur Seite zu stellen, sind die sogenannten Ermüdungserscheinungen, die mit denselben ganz unverträglich sein sollten. „Denn „nach dieser Auffassung", so behauptet er, „müsste das „Sehorgan durch das Bestehen einer farbigen Empfindung „ganz ebenso stark für Weiss ermüdet werden, wie durch „das Bestehen der weissen Empfindung. Nimmt man ein „weisses Mischlicht m und theilt dasselbe in zwei unge„fähr gleich helle Theile, so erhält man zwei farbige ein„ander complementäre Lichter μ und μ'. Nach der An„nahme von Donders müsste nun jedes dieser beiden „Partiallichter für sich allein die Netzhaut nahezu ebenso „stark („ganz ebenso stark", sagt er einige Linien früher) „für Weiss „ermüden" wie das volle Licht m. Denn bei „der farbigen Empfindung, welche durch μ und μ' erzeugt „wird, würden ja doch, ceteris paribus, ebenso viel Mole„küle verbraucht, wie bei der weissen, welche durch $\mu+\mu'$ „hervorgerufen wird, und zwar würden bei längerem Be„stehen der ersteren, infolge der spontan hinzutretenden „complementären Dissociation, die Moleküle nicht nur par„tiell, sondern zu einem grossen Theile auch total ver„braucht werden."

---

dass die Theorie von Schopenhauer mir dabei vor dem Geiste geschwebt hat. Ich hatte auch schon im Jahre 1842 das Folgende gelesen und nie vergessen: „Die Erschöpfung nach der Einwir„kung existirender Reize ist nicht absolut, sondern eine Er„schöpfung in der Form, in welcher der Sinn reagirt hat. Für „Reize anderer Art ist der Sinn nicht nur nicht abgestumpft, „sondern sogar empfänglicher, er empfindet sie lebhafter, wenn „sie von aussen geboten werden, und erzeugt sie in der Ruhe „spontan. Es giebt in jedem Sinn solche einander entgegen„gesetzte contrastirende Anschauungen. Im Auge sind sie Licht „und Dunkel, Roth und Grün und die übrigen je zwei comple„mentäre Farben." (Henle. Allgem. Anatomie. 1840, S. 736.)

Wie kann Hering vergessen, dass jedes der beiden complementären Lichter μ und μ' neben ihrer respectiven Farbenempfindung die farblose mit sich bringt. Er, der mehr als irgend jemand die Weissempfindung als selbstständige, auch in den reinsten, meist saturirten Farben überwiegende Empfindung, sogar als einzige Quelle des aus der Combination von Farbenempfindungen hervorgehenden Weiss annimmt? Und hatte er dieses nicht vergessen, wie konnte er denn behaupten, dass μ und μ' jedes für sich fast ebenso starke Ermüdung für Weiss hervorrufen müssten als das volle Licht m? Für μ und μ', jedes für sich selbst genommen, ist doch, was die Weissempfindung anbetrifft, allein der jedem zukommende Theil, sagen wir die Hälfte von m, in Rechnung zu bringen. Und wenn nun die hinzukommende Farbenempfindung relativ zu der farblosen so besonders schwach ist, wie soll dann ihr Effect in der Ermüdung für Weiss so stark zu Tage treten?

Doch es ist mehr. Hering hegt die Vorstellung, dass die Restmoleküle nothwendig „zu einem grossen Theil" oder „auch total" verbraucht werden, — „dass sie „nur noch die complementäre farbige Empfindung erzeugen „könnten". Ich habe zu einer solchen Auffassung kein Recht gegeben. Angenommen habe ich, dass die Restmoleküle die Empfindung der Complementärfarbe hervorbringen; aber das gesperrt gedruckte Wort nur stammt von Hering. Ganz bestimmt habe ich vorausgesetzt, dass die sogenannten Restmoleküle zum Theil wieder zum Aufbau der totalen dienen können, und diese Annahme gründete sich einerseits auf die zahlreichen Beweise von Synthese in den lebenden Geweben, andererseits auf die schwache Entwickelung (nach Dauer und Intensität) der Complementärfarbe in den Nachbildern, verglichen mit der Empfindung der inducirenden.

Aus allem geht hervor, wie wenig begründet Hering's Behauptung war: „Nach dieser Auffassung müsste das

„Sehorgan durch das Bestehen einer farbigen Empfindung „ganz ebenso stark für Weiss ermüdet werden, wie durch „das Bestehen der weissen Empfindung."

c) Donders sucht die Vierfarbentheorie mit der Dreifarbentheorie von Young-Helmholtz zu combiniren.

In der Einleitung zu seiner Kritik erklärte Hering einem Versuch gegenüber zu stehen, die Theorie von Young-Helmholtz mit der der Gegenfarben zu verschmelzen. Jetzt, in obenstehender Ueberschrift, ist es nicht mehr die Gegenfarbentheorie, sondern die Vierfarbentheorie.

Der Unterschied ist sehr wesentlich. Die vier Farben da Vinci's sind der Ausgangspunkt von Hering's Theorie; aber die Theorie beginnt erst, wo die Farben sich zu zwei Paaren verbinden und die Farben jedes Paares zu Antagonisten werden. Und gerade die Gegenfarben habe ich bestritten.

Aber auch die Vierfarbentheorie hatte ich nicht mit der Theorie von Young-Helmholtz zu verbinden getrachtet. Ich that einzig und allein, was schon Young gethan hatte: ich untersuchte, aus welchen Combinationen der fundamentalen alle andern Farben gebildet werden. „From three simple sensations", sagt Young, „with their „combinations, we obtain seven primitive distinctions of „colours; but the different proportions, in which they may „be combined, afford a variety of tints beyond all calcu„lation. The three simple sensations being red, green „and violet, three binary combinations are yellow, con„sisting of red and green; crimson, of red and violet, and „blue, of green and violet; and the seventh in order is „white light, composed by all three united."

Der einzige Unterschied ist, dass ich die Farben da Vinci's etwas mehr in den Vordergrund stellte, weil

ich in diesen Farben eine Homogenität erkenne, die in den andern vermisst wird. Hering indessen, indem er festhält an der Annahme, dass ich nach einer Combination der beiden Theorien strebe, behauptet, dass eine solche allein denkbar sei, wenn man, was ich gethan haben würde, die Théorie von Young-Helmholtz „auf die blosse An-„nahme dreier Nervenfasern von verschiedener specifischen „Energie einschränkt und den wesentlichsten Theil dieser „Theorie verwirft."

Ueber die drei Nervenfasern vielleicht später.*)

Was versteht aber Hering unter dem „wesentlichsten Theil"? „Dieser", sagt er, „besteht darin, dass aus der „Annahme von drei specifischen Energien sämmtliche Ge-„sichtsempfindungen abzuleiten versucht wird. Für diese „Theorie sind die drei specifischen Energien, Roth, Grün „und Violett, zugleich „drei Grundqualitäten der Empfin-„dung", nicht bloss, wie bei Donders, drei an ver-„schiedene Verbindungsfasern zwischen Auge und Hirn „gebundene physiologische Processe, welche an sich die „Empfindung noch gar nicht setzen, sondern erst durch „ihre Einwirkung auf die „centrale Substanz" die den „Empfindungen correlaten Processe hervorrufen. Die „Theorie von Young-Helmholtz unterscheidet nicht be-„sondere Processe in der Netzhaut und Opticusfasern von „besonderen Processen in einer „centralen" psycho-physi-„schen Substanz, sondern nach dieser Theorie", so heisst es, „setzt jede Erregung einer Faserart, im Gehirne angelangt, „direct die entsprechende Empfindung."

Dieser Ausspruch, wenn ich ihn recht verstehe, ist nicht zutreffend. Ich muss mit der Bemerkung beginnen, dass hinsichtlich eines wichtigen Punktes, auf den es hier besonders ankommt, Young und Helmholtz von einander abweichen. Young sucht den specifischen Cha-

*) Annal. d'Oculistique. XXXVII. p. 208 u. f. 1882.

rakter in den Nervenfasern selbst. Nach seiner Vorstellung sind die Processe verschieden in den drei Sorten von Nervenfasern, welche die drei Energien repräsentiren. Es folgt daraus aber nicht, dass mit diesen Vorgängen die entsprechenden Empfindungen in der Centralsubstanz direct gegeben sein würden. Das Sensorium ist für Young etwas anderes als die Nervenfasern. Die Ursache der complementären Nachbilder sucht er *) darin: „that the „portion of the retina, or of the sensorium that is „affected, has lost a part of its sensibility to the light of „that colour, with wich it has been impressed and is more „strongly affected by the other constituent parts of the „white light." Ein Sensorium wie es Young hier voraussetzt, scheint mir von der „Sehsinnsubstanz" Joh. Müller's nicht allzuweit entfernt. Und sollte man dies nicht anerkennen wollen, so ist der Standpunkt von Helmholtz — und dies genügt mir — ausser Zweifel. Helmholtz **) leugnet weder das Specifische in den Erregungen der Sehnervenfasern noch die Möglichkeit, dass die den drei Energien entsprechenden Erregungen an dieselben gebunden seien. Im Gegentheil scheint er viel eher dieser Annahme zuzuneigen. Doch hält er sich an Young und postulirt für die drei Erregungsvorgänge drei Faserarten, „wenn auch nur im Interesse der Darstellung". Und die Specificität der Fasern giebt er dabei auf. „Durch Young's Hypothese", sagt er, „wird es „möglich, die einfachen Vorstellungen über den Mechanis„mus der Reizung und ihre Fortleitung, die wir uns zu„nächst durch das Studium der Phaenomene an den moto„rischen Fasern gebildet haben, direct auf den Sehnerven „zu übertragen."

Unter welcher Bedingung macht die Theorie von

*) Lectures I. p. 455.
**) Physiologische Optik. S. 292.

Young dies möglich? Offenbar allein unter der Annahme, dass drei gleiche Erregungen in drei Nervenfasern, in Verband mit den peripheren Elementen, von denen sie abhängen, drei verschiedene Erregungen im Centralorgan zum Vorschein rufen, ganz in Uebereinstimmung mit der Lehre von den specifischen Energien, wie sie in der Physiologie gangbar geworden war. „Young's Hypothese", sagt denn auch Helmholtz, „ist nur eine speciellere „Durchführung des Gesetzes von den specifischen Sinnesenergien."

Doch fühlt Hering auch bald, dass er zu weit ging mit der Behauptung, dass, nach der Theorie von Young-Helmholtz, „jede Erregung einer Faserart, im Gehirn „angelangt, direct die entsprechende Empfindung setzt." Denn später fährt er fort: „Wenn man bei dieser Theorie „von einer psycho-physischen Substanz reden will, so ist „es eben eine solche, welche nur dreier verschiedener „specifischer Processe fähig ist, die sich in den verschie„densten Verhältnissen combiniren können. Daher giebt „es auch nach dieser Theorie nur drei „einfache" Empfin„dungen: Roth, Grün und Violett, alle übrigen „sind zu„sammengesetzte" oder Mischempfindungen. So und nicht „anders hat alle Welt die Young-Helmholtz'sche Theorie „verstanden und so hat Helmholtz selbst sie dar„gestellt."

Aus dem Feuer des Ausdrucks spricht eine tiefe Ueberzeugung. Und doch nehme ich keinen Anstand, aufrecht zu erhalten, dass, wo von Mischung die Rede ist, nicht die Empfindungen, sondern die Processe gemeint waren, und dass die Combination dieser, in bestimmten Fällen Processe sui generis, als den Empfindungen zu Grunde liegend, gedacht wurden.

Hering nennt es ein Paradoxon, dass im Weiss gleichzeitig Roth und Grün oder Gelb und Blau so gesehen werden sollen, wie man im Violett gleichzeitig

Roth und Blau erkennt. Würden Young und Helmholtz dies nicht ebenso paradox gefunden haben? Bei der Mischung von Farben dachten sie wohl in erster Linie an das Zusammenwirken von zweierlei Strahlen und stellten sich die davon abhängigen Processe in mehr oder weniger bestimmter Form vor. Aber zweifelsohne haben sie nicht die Verbindung der Empfindungen als solcher angenommen. Uebrigens hat Hering dies früher (zur Lehre vom Lichtsinne S. 71) selbst gesagt: „Auch hat nicht jeder" (und er kann Young und Helmholtz rnhig mit zu diesen Ausnahmen rechnen), „der das Weiss als eine ge„mischte Empfindung bezeichnete, damit sagen wollen, dass „hier wirklich Empfindungen gemischt seien, sondern nur, „dass man, um die Empfindung des Weissen zu erzeugen, „Licht von verschiedener Wellenlänge mischen müsse. „Diese aus der gleichzeitigen Einwirkung mehrerer Strahlen„arten erzeugte Empfindung kann sehr wohl als eine ein„fache Resultante mehrfacher physikalischer Ursachen an„gesehen werden."

Ich habe daher nicht, wie Hering behauptete, den wichtigsten Theil der Young-Helmholtz'schen Theorie zu verwerfen, ich brauche allein diese Theorie in ihr wahres Licht zu stellen, um Raum zu finden für die fundamentalen Farben da Vinci's.

Für die Commentare einiger Vertreter der Theorie, auf welche Hering (S. 35) hinweist, ist weder Young noch Helmholtz verantwortlich.

III. Kritik der Hering'schen Theorie.

Die Empfindungen, wie sie sich unserm Bewusstsein offenbaren, sind der Ausgangspunkt und die Grundlage sowohl der Licht- als der Farbentheorie Hering's.

Sie sind für ihn die psychische Aeusserung des in der „Sehsubstanz" wirksamen Stoffwechsels, dessen em-

pfindlichstes Reagens sie sind und beherrschen so die ganze Theorie.

Hering unterscheidet, wie wir sahen, mit Lionardo da Vinci sechs einfache Empfindungen, die er auf drei Paare zurückführt, Weiss und Schwarz, Roth und Grün, Gelb und Blau.

Zuerst wendet er sich zu der Weiss- und Schwarzempfindung. Nicht zufrieden mit der Selbstständigkeit, die der Schwarz-Empfindung allgemein zuerkannt wird, stellt er beide, Schwarz und Weiss, trotz ihres verschiedenen Ursprungs, auf gleiche Linie und schreibt beiden gleichen positiven Charakter zu. Demzufolge betrachtet er die Uebergänge von Schwarz zu Weiss, die grauen Töne der Schwarz-Weissreihe, als wahre Mischungen dieser beiden Empfindungen, als gleichstehend mit den Mischungen zweier (nicht complementärer) Farben, z. B. von Grün und Gelb. *) Wo Weiss und Schwarz sich vermischen, muss man, sagt er, den Ausdruck Intensität ganz fallen lassen, es sei denn, dass man zwei Intensitäten annehme, deren eine dem Weissen oder Hellen, die andere dem Schwarzen oder Dunkelen entspricht. Hierbei steigt Schwarz mit dem Sinken von Weiss und umgekehrt, und es ist für die Helligkeit der Mischungen kein anderer Ausdruck möglich als das Verhältniss von Weiss und Schwarz, W : S. Hering verbindet nun, wie wir wissen, die Weissempfindung mit Dissimilirung D, die Schwarzempfindung mit Assimilirung A. Folglich ist die Helligkeit $\frac{W}{S}$, auch $\frac{D}{A}$.

Natürlich können bei jedem Verhältniss die Dissimilirung und die Assimilirung stark und schwach sein. Aber die absoluten Grössen kommen nicht in Betracht. Hering's Schluss lautet: „dass die Art (Helligkeit oder

*) Zur Lehre vom Lichtsinn, S. 54.

„Dunkelheit) einer farblosen Gesichtsempfindung bestimmt „ist durch das Verhältniss, in welchem die Intensität oder „Grösse der Dissimilirung der Sehsubstanz zur Intensität „oder Grösse ihrer gleichzeitigen Assimilirung steht", d. h., dass die Helligkeit der Uebergangstöne zwischen Weiss und Schwarz ausschliesslich abhängig ist von dem Verhältniss zwischen D und A, durchaus unabhängig von den absoluten Grössen von D und A.

Diese Annahme zählt Hering zu seinen Folgesätzen (§ 28): sie ist in der That eine unvermeidliche Consequenz des ihr Vorhergehenden. Aber steht sie nicht in unversöhnlichem Streit mit der conditio sine qua non aller Psycho-Physik, der absoluten Correspondenz der psychischen und physischen Processe? Freilich nimmt Hering (§ 77) die darauf bezüglichen Annahmen Mach's nur unter Vorbehalt an: „Wenn ich davon absehe", sagt er, „dass hierbei keine Rücksicht darauf genommen ist, „dass psycho-physische Processe von sehr verschiedener „Grösse dieselbe Empfindung geben können, weil es überall „nicht auf die absolute Grösse dieser Processe, sondern „lediglich auf ihr gegenseitiges Verhältniss ankommt, so „kann ich diesen Worten Mach's vollständig beipflichten." Ich kann aber nicht umhin anzunehmen, dass dieser Vorbehalt dazu dienen musste, die Consequenz zu retten, zu denen die Analyse der Empfindungen ihn führen würde. A priori konnte doch, würde ich meinen, Niemandem einfallen, dass das Quantitative der Processe, das sich überall geltend macht, in den Empfindungen durchaus nicht zu Tage treten würde. Und ist der „Folgesatz" in Widerspruch mit dem Hauptprincip der Psychophysik, so wird er auch durch die Erfahrung Lügen gestraft. An einem hellen Tage kann das Auge stundenlang einer Empfindung ausgesetzt bleiben, welche das mittlere Grau, die Empfindung, bei der A = D, an Helligkeit weit übertrifft, — einer Empfindung daher, bei welcher nach Hering's Vorstellung

A weit hinter D zurückbleiben müsste. Kann seine Theorie dies dulden? Gross ist der Vorrath von der Dissimilirung fähigen Molekülen sicher nicht. Nirgends ist derselbe, nach bekannten Versuchen, schneller erschöpft als gerade in der centralen grauen Substanz. Erschöpfung ist daher rasch zu erwarten von $D > A$. Und wo sie nicht erfolgt, wo im Gegentheil die Helligkeit sich erhält, Stunden lang, da muss $A = D$ sein, und sind beide um so lebhafter, je grösser die Helligkeit (vergl. S. 29—30).

Ist der Folgesatz nothwendig und wird er durch Theorie und Erfahrung zu Nichte gemacht, so muss ein Fehler in den Prämissen verborgen liegen.

Betrachten wir dieselben etwas näher. Das Ausgehen von einer Analyse der Empfindungen halte ich für vollkommen berechtigt. Auch die Voraussetzung, dass jede Empfindung einem bestimmten Process und jeder Process einer bestimmten Erregung entspricht, nehme ich, als ein Postulat der Psycho-Physik, unbedenklich an. Ich glaube ferner wie Hering Schwarz und Weiss und die vier einfachen Farben da Vinci's als homogene Empfindungen unterscheiden zu müssen. Mein Zweifel wird erst wach, wo Hering die Schwarzempfindung, trotz ihres verschiedenen Ursprungs, mit der Weissempfindung auf eine Linie stellt. Im Beginn von § 23 schreibt er: „Die Empfindung „des eigentlichen Schwarz entsteht wie die des Weiss unter „dem Einflusse des objectiven Lichtes; nur mit dem Unter„schiede, dass sich die weisse Empfindung unter dem „directen, die schwarze aber unter dem indirecten Einflusse „des Lichtreizes entwickelt, nämlich durch den sogenannten „simultanen oder successiven Contrast."

Dieser Unterschied ist sehr wesentlich. Positiv, als directe Folge des Lichtreizes, entsteht Weiss; Schwarz hingegen, Hering anerkennt es selbst, erst durch Contrast, und dies bedeutet, nicht weil Schwarz durch Weiss oder helle Farben erzeugt wird, sondern weil das schwache

Weiss neben dem starken Weiss unterdrückt wird (Simultancontrast), und nach dem starken Weiss die labilen Moleküle fehlen (Successivcontrast).

Das Schwarz, welches übrig bleibt, wo jede andere Empfindung erloschen ist, ist seinem Ursprung und seinem Wesen nach eine Empfindung sui generis, im Gegensatz nicht allein zu Weiss, sondern auch zu den Farbenempfindungen, im Gegensatz zu allem, was hell ist, die Negation also der Helligkeit „la privazione", wie Lionardo da Vinci l. c. p. 70 dasselbe nennt, im Gegensatz zu „il generatore", das ist dem Weiss, welches auch die Zeugung der Farben enthält. In der That erkennen wir in Roth und Gelb, in Grün und Blau etwas gemeinschaftliches: sie sind wie Varietäten eines und desselben Typus der Empfindung des Farbigen und stehen als solche nicht neben Schwarz, sondern, in Verbindung mit dem farblosen Weiss, gegenüber Schwarz, das in gewissem Sinn den Hintergrund für alle Empfindungen bildet. Deshalb kann man nicht sprechen von Mischungen von Weiss und Schwarz als analog denen gleichartiger Empfindungen, z. B. Grün und Gelb. Alles dies wird verkannt, wenn Hering von Mischungen von Weiss und Schwarz redet und sie mit denen von zwei reinen Farben vergleicht. Der Unterschied geht auch aus den Empfindungen selbst direct deutlich genug hervor. Von Schwarz bis zu Mittelgrau dürfte man sich noch vorstellen können, eine Mischung von Schwarz und Weiss zu sehen; bei zunehmender Helligkeit weicht aber die Schwarzempfindung schnell und verschwindet vollkommen, lange, bevor die höhern Helligkeitsgrade erreicht sind. Und treten in Gelb kleine Spuren Grün und umgekehrt in Grün solche von Gelb nicht sogleich charakteristisch zum Vorschein?

Mein Zweifel steigt, wenn nun weiter Hering die Weiss- und Schwarzempfindung mit Dissimilirung und Assimilirung in Verbindung bringt. A wird als Gegen-

theil von D eingeführt. Darf sie als solches gelten? Streng genommen, nein; denn die Spaltung dehnt sich viel weiter aus als bis zu denjenigen Molekülen, mit welchen in den Geweben der Aufbau beginnt, und die meisten ihrer Produkte gehen für diesen Aufbau sicher verloren. Doch, abgesehen hiervon, ist es eine principielle Frage, ob man wohl das Recht habe, Assimilation als psycho-physischen Process aufzufassen. Hering erklärt, durchaus nicht einzusehen, warum von den zwei chemischen Processen der Sehsubstanz allein der eine psycho-physische Bedeutung haben sollte, der andere nicht. A priori scheint es ihm plausibel, „beiden Arten des chemischen „Processes gleich grossen Werth für die Empfindung zu„zuschreiben; und er nennt diese Hypothese von vorn„herein angemessen, weil sie nicht nur den Thatsachen der „Empfindung, sondern auch den Anforderungen der allge„meinen Physiologie genügt." Wir haben bereits gesehen, dass jene Uebereinstimmung mit „den Thatsachen der Empfindung" auf schwachen Füssen steht. Und was die Anforderungen der allgemeinen Physiologie betrifft: überall, so fern unser Wissen reicht, ist die Bildung lebender Moleküle bloss Vorbedingung für die Umsetzung, nirgends Reiz (Henle), noch directe Quelle für Lebenserscheinungen. Das Leben der Gewebe kennzeichnet sich durch Transformation der Formen des Arbeitsvermögens. Bei der Dissimilirung treten an die Stelle der in dem chemischen Arbeitsvermögen enthaltenen potentiellen Energie die verschiedenen Formen der actuellen Energie, unter denen das Leben sich offenbart. Umgekehrt kommt bei der Assimilirung potentielle Energie zu Stande, nothwendig aus bestimmten Formen der actuellen. Den psychischen Erscheinungen, die eine besondere Kategorie bilden, deren Natur vollständig im Dunkeln liegt, den Empfindungen also, können wir dabei keine directe Rolle zuschreiben. Wir können uns dieselben weder als Spannkraft noch als

Bewegung vorstellen, und sie daher nicht als äquivalent bei der Transformation der Energien unterbringen. So viel aber ist sicher, dass sie sich offenbaren, gewissermassen als Association, wo in bestimmten lebenden Substanzen die potentielle Energie in die Formen der actuellen umgesetzt wird, und in unserer Vorstellung entspricht diesem Vorgang der actuelle Charakter der psychischen Erscheinungen selbst. Und gerade deswegen sträuben wir uns, sie mit einem Vorgang in Verbindung zu bringen, bei welchem umgekehrt die actuelle Energie als potentielles chemisches Arbeitsvermögen gebunden wird. Es braucht mehr als eine Erklärung ex cathedra, um unsere Intuition auf diesem Punkt in's Wanken zu bringen.

Hering kam zu seinen Vorstellungen, indem er, allein die Empfindungen im Auge behaltend, ohne auf deren Ursprung zu achten, Schwarz und Weiss auf gleiche Linie stellte und entgegengesetzte Processe von gleicher Dignität als Grundlage beider suchte. Er behauptet, dass, während man Schwarz als Empfindung betrachtete, man doch immer unterliess, nach ihrem psycho-physischen Grund zu fragen: „Die Empfindung des Dunklen oder „Schwarzen", sagt er, „wurde in Betreff ihres physio-„logischen oder psycho-physischen Correlates ganz ver-„nachlässigt." Aber sollte man nicht stillschweigend vorausgesetzt haben, dass sie mit dem blossen Bestehen der specifischen lebenden Moleküle gegeben ist, und in der Bewegung der Atomgruppen und Atome dieses letztern, ohne Dissociation, ihr Correlat findet? In der That scheint mir hiermit eine Lebensform gegeben, die der eigenthümlichen Stellung von Schwarz in der Reihe der Empfindungen ganz besonders Genüge thut. Schwarz tritt hierbei in seinem eigenthümlichen Charakter auf, als Gegensatz nicht allein von Weiss, sondern von jeder Farbenempfindung. Sein Entstehen ohne den directen

Einfluss von Aussen kommender Reize stimmt damit vollkommen. Und indem auch ohne diesen Einfluss D nicht vollständig fehlt, entsteht Schwarz erst vollkommen durch Contrast mit hellerem Weiss, das, auf D fussend, in den angrenzenden Theilen D vollkommen zum Schweigen bringt. Begreiflich ist dabei auch, dass bei schneller Dissimilirung, wobei viele Moleküle verbraucht und gebildet werden, aber wenige zugleich vorhanden sind, die Schwarzempfindung gegenüber der Weissempfindung ganz wegfällt. Auch in andern Geweben ist es das Vorhandensein der specifischen Moleküle, nicht ihre Bildung, die den mehr passiven Lebenszustand, in gewissem Sinne das latente Leben, vertritt, und die Bildung dieser Moleküle hat nur insofern Bedeutung, als sie durch steten Ersatz der verbrauchten die Bedingungen für die Dissociation erhält.

Bei dieser Vorstellung vermeiden wir die Assimilirung als psycho-physischen Process, wozu sie sich mit ihrer Bindung von chemischem Arbeitsvermögen meiner Ansicht nach nicht qualificirt und bringen wir die absoluten Intensitäten der Spaltungsvorgänge wieder glücklich zu ihrem Recht.

Zu obenstehenden Betrachtungen wurden wir geführt durch einen Rückblick auf die Prämissen, zu welchen wir uns durch den „Folgesatz", der die Intensität der Empfindung von D : A abhängig macht, genöthigt sahen. Wie wenig die Prämissen, wie wenig auch die Folgerung die Probe der Kritik bestehen konnten, möge daraus ersehen werden.

Indessen Hering ist vor diesen Consequenzen nicht zurückgeschreckt. Im Gegentheil, er führt sie weiter aus. Seine Farbentheorie ist über denselben Leisten geschnitten. Zuerst gruppirt er die vier einfachen Farben zu zwei Paaren; Roth und Grün, Gelb und Blau, und nimmt sodann für

die zwei Farben von jedem Paar gleichen Ursprung an wie für Weiss und Schwarz, nämlich A und D der rothgrünen, resp. der gelbblauen Substanz. So kommen sowohl Roth und Grün als Gelb und Blau neben Weiss und Schwarz zu stehen mit vollständig analogen psycho-physischen Processen.

Dabei klingt es mehr als befremdend, dass die Farben desselben Paars sich durchaus anders zu einander verhalten, als Weiss und Schwarz.

Weiss und Schwarz lässt Hering Mischungen bilden, durch welche die unzählbaren Abstufungen von Grau zwischen dem idealen Weiss und Schwarz zu Stande kommen. Roth und Grün hingegen heben einander auf, sind Gegenfarben, die ihr gegenseitiges Bestehen an demselben Ort nicht dulden.

Ist bei gleichem Verhalten der psycho-physischen Processe solch ein cardinaler Unterschied denkbar! Meiner Ansicht nach ist mehr nicht nöthig, um die Theorie der Gegenfarben zurückzuweisen. Hering verheimlicht sich die Schwierigkeit nicht. Gelingt es ihm, sie aus dem Weg zu räumen? — „Es muss irgendwo", sagt er, „in der „Natur unseres Sehorgans begründet sein, dass das Vor„handensein einer deutlich rothen Empfindung die deutlich „grüne an derselben Stelle ausschliesst, das Vorhandensein „der blauen die gelbe und umgekehrt." Sicher besteht hierfür ein Grund und zwar in der Verschmelzung der partiellen Processe, worauf sie beruhen. Aber aus diesem Grund geht gerade hervor, dass Farbenpaare in anderer Beziehung zu einander stehen als Schwarz und Weiss. Und wird es jemanden befriedigen, wenn Hering die Argumentation umkehrt und uns versichert, dass auch Weiss und Schwarz in nichts aufgehen würden, „enthielte „das gemischte Sonnenlicht auch Strahlen, welche assi„milirend auf die schwarz-weisse Substanz wirken, könnten „Strahlen bis zur Netzhaut gelangen und wäre ihre assi-

„milirende Wirkung ebenso stark wie die dissimilirende „der wirklichen Sonnenstrahlen?" Entspricht das neutrale Grau, nach Hering's Vorstellung, denn nicht schon dem Gleichgewicht von D und A? Deutlicher kann übrigens der Verfasser den Widerstreit, der in der Gleichstellung des Verhaltens zwischen Schwarz und Weiss mit demjenigen zwischen den beiden Farben jeden Farbenpaars gelegen ist, nicht aufdecken, als wenn er die Mischungen von Schwarz und Weiss vergleicht — nicht mit denjenigen von zwei Gegenfarben, sondern — mit denen zweier befreundeter Farben, Grün und Gelb.

Oben habe ich meine Einwände auseinandergesetzt gegen Hering's Lichttheorie, in welcher Weiss und Schwarz mit D und A in Verbindung gebracht werden. Bei der Anwendung der Hypothese auf die Farbenpaare gelten dieselben, kommen aber noch andere hinzu. Schon die Empfindungen selbst sträuben sich dagegen. Wie ich bereits oben hervorhob, haben alle Farbenempfindungen unter sich etwas gemein, sprechen alle zu uns als Varietäten der Farbenempfindung im Gegensatz zu der Empfindung des Farblosen. Verbietet nicht diese Analogie in den Farbenempfindungen dieselben, zwei zu zwei, mit Processen von absolut entgegengesetzter Natur, mit D und A, in Verbindung zu bringen? So wenig verschieden ist der Charakter der zwei Farben desselben Paares, dass Hering es unentschieden lässt, welche von beiden an A und welche an D gebunden sei. Und zeugt auch das Entstehen beider unter dem directen Einfluss der Lichtwellen nicht auf das Deutlichste für die Gleichheit ihrer Natur?

Wie ist endlich zu erklären, dass die beiden Empfindungen nicht gleichzeitig zur Geltung kommen, wenn sie von D und A abhängig sind, die ja gleichzeitig nebeneinander bestehen? Oben sahen wir schon, dass Hering selbst darüber verlegen ist. Doch angenommen, dass die

Farben desselben Paares wirklich D und A entsprechen: wie wird man sich dann die gegenseitige Aufhebung denken? Hering lässt dies „dahingestellt". Von der Natur der Empfindung als rein psychischer Erscheinung wissen wir buchstäblich nichts und nichts sollte uns daher abhalten können, in abstracto anzunehmen, dass sie einander vernichten. Es wäre dann genug, sich dieser Annahme, wie einem Mysterium, in Treu und Glauben zu unterwerfen. Aber Empfindungen bestehen nicht in abstracto. Sie werden von bestimmten psycho-physischen Processen getragen, ohne welche sie nicht sind und nicht sein können, und mit diesen Processen haben wir zu rechnen.

Es entsteht daher die Frage, wie man sich die Wirkungen der zwei Arten von Lichtwellen, die nach Hering Gegenfarben hervorbringen, vorzustellen habe vorerst in der Netzhaut. Unter dem Einfluss der Ernährung entwickelt sich hier im Dunkeln ein sichtbares Zeichen der Assimilirung, in der Bildung des Sehpurpurs. Fällt darauf nun Licht in das Auge, so erfolgt Dissimilirung: der Sehpurpur wird zersetzt, die Farbe verschwindet. Und dies geschieht ausschliesslich durch Licht, nicht durch andere Reize, aber durch alles Licht (Kühne), wenn auch nicht gleich schnell und nicht auf gleiche Weise. Von einer assimilirenden Wirkung des Lichts, von welcher Wellenlänge auch, zeigt sich nichts. So stehen D und A einander gegenüber als Effecte von Licht und Finsterniss. Ist der Sehpurpur verschwunden, dann bestehen, mit gewissen Aenderungen, die Empfindungen fort, so wie wir dieselben als normale kennen. Nicht unwahrscheinlich ist es, dass unter dem Einfluss der Ernährung derselbe Stoff immer noch gebildet, aber sofort wieder zersetzt wird, vielleicht bevor die Synthese der Moleküle vollkommen ist. Wie man sich nun die Wirkung des Sehpurpurs auch vorstelle, es sei, dass man mit Kühne seine Zersetzungsproducte

als Reize auf die percipirenden Elemente wirken lasse, oder mit Bernstein in dem Zersetzungsprocess selbst den Anstoss suche oder endlich den Farbstoff als optischen Sensibilitator*) betrachte für die peripherischen Elemente, die er tränkt, — einen Sensibilisator, der wenigstens im Halbdunkel und hauptsächlich in Bezug auf die mehr brechbaren Strahlen sich geltend macht — immer führt dieselbe, im Sinne Hering's, zur Annahme eines Dissimilirungsprocesses, von dessen Bestehen in den Netzhautschichten, unter dem Einfluss jeder Lichtart (Kühne und Steiner), die abgeleiteten Ströme Zeugniss geben. Es ist kein Grund vorhanden, sich in den Aussengliedern der Zapfen den Process anders zu denken, möge dabei ein mit dem Sehpurpur verwandter Stoff ins Spiel treten oder nicht.

Zwar kann durch das Licht im Allgemeinen Arbeitskraft sowohl gebunden als frei gemacht werden. Eine Anzahl Stoffe werden durch seinen Einfluss oxydirt, andere reducirt. Es kommt sogar vor, dass bei demselben Stoff rothes und gelbes Licht die Oxydation bewirkt, violettes Licht aber Reduction ins Leben ruft und dass die Wirkungen beider sich neutralisiren. **) Aber dies gilt unseres Wissens ausschliesslich für Metallverbindungen (Mangan, Eisen, Quecksilber), nicht für sogen. organische. Ueberdies ist die Synthese unter Bindung von chemischem Arbeitsvermögen nur äquivalentweise denkbar, und die Lichtmengen, die beim Sehen in Betracht kommen, sind so äusserst gering, dass eine von ihnen ausgehende assi-

---

*) Vergl.: Ueber Sensibilisatoren Dr. J. M. Eder. Ueber die chemischen Wirkungen des farbigen Lichtes, Wien 1879, S. 22 u. f., wo die betreffenden Thatsachen (von H. Vogel u. A.) zusammengestellt sind.

**) Vergl. Chastaing, Annal. de Chimie et de Physique. T. XI., p. 145, 1877.

milirende Wirkung im Vergleich zu der dissimilirenden zu verschwinden scheint.

Aber angenommen, es komme in der Netzhaut durch bestimmte Strahlen wirklich Assimilirung zu Stande, wie sollte dieselbe durch die Nervenfasern weiter geleitet werden? Eine Fortleitung, wie sie in den Nervenfasern stattfindet, offenbar das Fortschreiten eines physikalisch-chemischen Processes, ist nur denkbar, wo potentielle Energie in actuelle umgesetzt wird, nicht aber bei Umsetzung von actueller in potentielle Energie. Die Bewegungserscheinungen einer actuellen Energie sind es, die von Schicht zu Schicht den Anstoss geben und die Fortleitung veranlassen.

Es würde deshalb keine andere Annahme übrig bleiben, als dass für jedes Farbenpaar zwei Erregungsprocesse, beide Dissimilirungsvorgänge, in das Centralorgan gelangen. Und werden diese gleichartigen Processe dann in entgegengesetztem Sinne auf die respectiven Substanzen, oder, nach Hering, vielmehr auf ein und dieselbe Substanz einwirken? Wird hier eine von ihnen in Assimilirung umgesetzt werden, die andere aber den Charakter der Dissimilirung bewahren? Und sollen die nun entgegengesetzten Wirkungen einander wieder aufheben? Unser Vorstellungsvermögen sträubt sich, einem so verwickelten Spiel zu folgen.

Ich lege diesen Betrachtungen keinen grössern Werth bei, als sie verdienen. Aber ich glaube, dass sie hier am Platze waren, um zu zeigen, dass Hering, was immer er dagegen anführen möchte, verpflichtet gewesen wäre, zu untersuchen, in welcher Beziehung zur Wirkung der Lichtwellen seine Theorie sich denken lässt.

In Betreff der Aetherschwingungen, sagt er, muss man sich „mit der allgemeinen Annahme begnügen, dass sie schliesslich zur Empfindung führen." Dann aber darf

man die Arten der Empfindung auch nicht durch A und D erklären wollen.

Hering's Sehsubstanz ist ebenso unbestimmt. „Ob „diese nur im Gehirn oder zugleich im Sehnerven und in „der Netzhaut und in welchen histologischen Bestand-„theilen derselben sie zu suchen ist, das Alles bleibt vor-„erst dahingestellt."

Ich hatte daher wohl Recht, hervorzuheben, dass Hering nicht versuche, die unter dem Einflusse des Lichts in der Retina eintretenden Erregungsvorgänge zu erklären, noch die Netzhautreizung bis in das Gehirn zu verfolgen, ja nicht einmal das Verhältniss zwischen Licht und Empfindung festzustellen. Hering*) antwortet: „Dass ich über die Vorgänge in der Netzhaut und im „Sehnerven mich vorerst nicht in Hypothesen ergangen „habe, ist richtig. Donders bietet uns in dieser Be-„ziehung auch nichts Neues." Aber ich verlangte von Hering nichts Neues: ich wünschte allein zu vernehmen, wie er sich die Einwirkung des Lichts auf die Netzhaut und die Fortleitung in den Nervenfasern vorstelle, um es möglich zu machen, dass bestimmte Strahlen als terminale Processe D, andere A erzeugen würden. Solange Hering diesen Wunsch nicht erfüllt, kann ich in seiner Theorie nichts anderes erblicken, als ein willkürliches, (aus der Analyse der Empfindungen abgeleitetes) Schema der centralen Processe. Und als Ausgangspunkt mag diese Analyse gute Dienste leisten, ihre Resultate sind nicht positiv genug, um sie ohne Prüfstein einer Theorie zu Grunde zu legen.**) Das eben hat Hering aber gethan. Beim Zurathegehen mit den Farbenempfindungen stand er vor der Thatsache, dass zwei Complementärfarben einander

---

*) Vergl. Kritik, S. 18.

**) Vergl. J. v. Kries, Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse 1882, S. 31—50.

neutralisiren. Er constatirt, dass dieselben nebeneinander auf demselben Platz nicht zur Geltung kommen können. Bis dahin sah man hierin eine Combination zu Weiss. Hering, der allein auf die Empfindungen Rücksicht nimmt, findet dies ungereimt. Die Vorstellung von der Verschmelzung der zwei Processe zu einem dritten, sui generis, wird bei Seite geschoben. So bleibt ihm allein die Annahme übrig, dass sie einander vernichten. Dies alles erscheint als Analyse der Empfindungen. Und aus dieser allein kommt Hering zu seiner roth-grünen und gelb-blauen Substanz, sucht darin ein Analogon für seine „Gegenfarben" und glaubt dasselbe in gleicher Weise wie für Schwarz und Weiss in Assimilirung und Dissimilirung zu finden, obgleich, wie wir sahen (S. 51), was das gegenseitige Verhalten der Empfindungen betrifft, die Analogie selbst ihn im Stiche lässt. Eine so lange Reihe von Folgerungen kann, meine ich, einer Theorie schwerlich eine feste Grundlage sichern.

Es ist wohl überflüssig, die Studien über Lichtinduction und Contrast, die Hering seiner Theorie vorausschickt, hier zur Sprache zu bringen. Mit seiner Theorie stehen dieselben nur insofern in Verband, als jene Erscheinungen sich aus ihrem Gesichtspunkt leicht erklären lassen. Freilich: eine Theorie, die für jede Erscheinung zwei Erklärungen an die Hand giebt, aus Vermehrung von A und aus Verminderung von D oder umgekehrt, kommt nicht leicht in Verlegenheit. Aber auch meine Vorstellung, die alle Lichtempfindung durch Dissociation und Schwarz allein durch intramoleculäre Lebensbewegung ohne Dissociation erklärt, giebt in genügender Weise Rechenschaft von den Erscheinungen. Wie schon oben auseinandergesetzt wurde, hat man, um den Simultancontrast zu begreifen, einfach anzunehmen, dass Dissociation an einer Stelle dieselbe Form der Dissociation in dem angrenzenden Theile mehr

oder weniger ausschliesse, während der successive Contrast von selbst seine Erklärung findet in der totalen oder theilweisen Zersetzung der specifischen Moleküle. Zudem scheint es auch viel plausibler, dass durch Contrast eine gleichartige Dissociation in der Umgebung gehemmt werde, als dass dort A durch D, oder umgekehrt, befördert werden sollte. An welcher Stelle übrigens der Contrast psychophysisch zur Geltung komme, ist noch nicht nachgewiesen. Bei Hering bekommt man den Eindruck, als suche er schon in der Retina, vielleicht sogar in den percipirenden Elementen, den Grund der Contrasterscheinungen. Doch ist es a priori ebenso wohl möglich, dass erst im Centralorgan die Contrastwirkung zur Geltung komme, eine Vorstellung, die in einer der Localisation entsprechenden Anordnung der Formelemente hierselbst, wie sie aus Munk's Versuchen hervorzugehen scheint, ihre Berechtigung finden könnte. Es ist sogar denkbar, dass der Contrast sich erst in dieser höchsten Instanz psycho-physisch offenbart, und die Helmholtz'sche Zurückführung der Contraste auf das Urtheil, wogegen Hering so heftig zu Felde zog, würde damit zusammenfallen.

Hering's Betrachtungen über das Gewicht der Empfindungen (s. S. 24) hätte ich nur dann in Bezug auf seine Theorie zu untersuchen, wenn ich ihm auf das Gebiet der damit zusammenhängenden psycho-physischen Fragen folgen wollte. Dies aber ist nicht meine Absicht. Unter Rücksichtnahme auf die durch Fechner *) und vor Allem durch G. E. Müller **) an denselben geübte Kritik, sowie auf viele wichtige, in der letzten Zeit darauf zielende Beiträge würde ich zu ausführlich werden müssen.

---

*) In Sachen der Psychophysik, 1877; sowie Revision der Hauptpunkte der Psychophysik, 1882.

**) Zur Grundlegung der Psychophysik, 1881.

IV. Farbenblindheit.

a) Die Farbenblindheit im Verband mit der Young'schen Theorie.

Die Theorie Young's, im Jahre 1801 zum ersten Male in kurzen Zügen entworfen, wurde in den „Lectures of Natural Philosophy", die im Jahre 1807 das Licht erblickten, näher entwickelt. Hier kommt auch schon die Farbenblindheit zur Sprache. „He thinks it probable", sagt Young bei der Catalogisirung von Dalton's Abhandlung, „that the vitreous humour is of a deep blue tinge; „but this has never been observed by anatomists, and it „is much more simple to suppose the absence or paralysis „of those fibres of the retina, which are calculated to „perceive red." Man sieht, für die Rothblindheit von Helmholtz fehlt allein das Wort. Was später Herschel ausführen, was Maxwell und Helmholtz beweisen sollten, hatte Young schon eingesehen.

Das sogenannte dichromatische System der Farbenblinden bringt mit sich, dass dieselben im Spectrum einen neutralen Streifen sehen, der mit zunehmender Saturation nach beiden Seiten hin in die resp. fundamentalen Farben übergeht. Dieser Streifen liegt im Blaugrün: Grün, Gelb, Orange und Roth an der einen, Blau, Indigo und Violett an der andern Seite werden deshalb in ein und derselben Farbe gesehen. Bei der Unsicherheit, welcher Empfindung des normalen Auges die beiden entsprechen, erschien es passend, als allgemeinen Terminus für die Farben der beiden Seiten des Spectrums dieselben als warm W und kalt K zu unterscheiden. Dass nur zwei fundamentale Farben gesehen werden, wurde dadurch bewiesen, dass alle warmen Töne und alle kalten Töne durch Tempe-

rirung der mehr saturirten und durch Aenderung der Intensitäten unter sich vollständig gleich gemacht werden können, und die Mischungen beider, aus welchem Theil des Spectrums sie auch genommen werden, in bestimmtem Verhältniss immer Weiss bilden.

Viele Jahre vor den Untersuchungen von Maxwell und Helmholtz, war Seebeck schon zu dem Resultat gekommen, dass man zwei Klassen von Farbenblindheit zu unterscheiden habe, die erste mit normaler, die zweite mit verminderter Empfindlichkeit für die weniger brechbaren Strahlen. Helmholtz fand dies bestätigt, und unter der Annahme, dass bei der ersten Klasse die rothe Energie fehle, bei der zweiten die grüne Energie fehlen könne, nannte er die Erstern Rothblinde, die Letztern Grünblinde.

Später wurde noch eine dritte Form unterschieden, die dem Mangel der violetten Energie zugeschrieben und daher Violettblindheit genannt wurde. So schienen die verschiedenen Formen der Farbenblindheit in dem Mangel einer der Energien ihre Erklärung zu finden. Mit dieser Vorstellung stimmte überein, dass bei Rothblindheit die linke Seite, bei Grünblindheit die Mitte, bei Violettblindheit die violette Seite des Spectrums eine Verminderung der Lichtstärke zeigte.

Inzwischen erhoben sich gegen diese Erklärung gewichtige Einwände. Schon aus einem theoretischen Gesichtspunkt scheint der einfache Wegfall einer der Energien unannehmbar. Es stimmt nicht mit unsern genetischen Begriffen überein, dass von drei Thätigkeiten, die sich in wechselseitigem Verband als ein organisches Ganze zu entwickeln pflegen, eine zurückbleiben sollte, ohne dass dieser Defect von Einfluss wäre auf die beiden andern. *)

*) Vergl. die Farbensysteme l. c., p. 212.

Auf dem Gebiete der Beobachtung ging der erste Stoss gegen diese Vorstellung von Edmund Rose aus. Rose bestimmte bei einer grossen Anzahl Farbenblinder den sogenannten schwarzen Punkt der Farbentafel, der als der fehlenden Energie entsprechend angesehen wurde, und fand die Lage dieses Punktes sehr variabel. Ebensowenig wie die fehlenden konnten dann die übriggebliebenen mit bestimmten fundamentalen Farben übereinstimmen. Doch Rose irrt, wenn er auf Grund dieser Resultate die Theorie von Young für unhaltbar erklärt. Höchstens liess sich daraus folgern, dass die Erklärung der Farbenblindheit nicht im Mangel einer der fundamentalen Farben zu suchen sei.

Ein anderer Einwand ergab sich aus den Empfindungen des indirecten Sehens. Man hatte gefunden, dass im normalen Auge in einiger Entfernung von dem gelben Fleck die Rothempfindung fehlt und dass die äusserste Zone der Retina aller Farbenempfindungen baar ist, und die Erklärung hiervon gesucht im Mangel einer resp. zweier der Young'schen Energien. Fick*) machte auf das Unhaltbare einer solchen Erklärung aufmerksam. In der That würden, wo die rothe Energie fehlt, nur Empfindung von Grün und Violett mit ihren Mischungen, wo zwei fehlen, nur die der allein übrig gebliebenen Energie möglich sein, und man kann sich leicht überzeugen, dass überall Weiss und in der rothblinden Zone auch noch andere Farben als Grün und Violett zu sehen sind. Offenbar ist daher durch den Mangel bestimmter Energien der Farbensinn des indirecten Sehens nicht erklärt. Um davon nun Rechenschaft zu geben, und zwar in Uebereinstimmung mit der Young'schen Theorie, glaubte Fick von der Annahme ausgehen zu können, dass die Netzhaut in ihren

*) Verhandl. der physik.-medicin. Gesellschaft zu Würzburg. 1873. V., S. 158.

peripherischen Theilen die Elemente der drei Energien zwar auch enthielte, aber dass sie hier „etwas anders beschaffen sind," infolge dessen die „Erregung als Function der einwirkenden Strahlen" ebenfalls eine andere ist. Die gleiche Erklärung würde nach der Ansicht von Fick für die Fälle gewöhnlicher Farbenblindheit gültig sein, was von Rählmann*) noch weiter ausgeführt wurde. — Ich trage aber gegen die Annahme, von der Fick ausgeht, Bedenken. Ich kann mir nicht vorstellen, dass von zwei Processen, die sich unter gegenseitigem Einfluss entwickeln, der eine Veränderungen erfahren könne ohne den andern. Meiner Auffassung nach muss ein untrennbarer Verband bestehen zwischen dem peripherischen und dem centralen Process. Und sind die peripherischen Elemente „etwas anders beschaffen," sodass sie andere Intensitätscurven ergeben, dann können die entsprechenden centralen wohl nicht unverändert geblieben sein. Sind diese aber verändert, dann darf nicht mehr von derselben Energie gesprochen werden, dann haben wir es mit einer andern Energie, mit einer andern Empfindung, zu thun. Von dieser Vorstellung ging ich aus, als ich durch Form und Lage einer Curve ihre Energie und die entsprechende Empfindung für bestimmt hielt. Nur wo pathologische Veränderungen oder die Wirkung besonderer Agentien im Spiele sind, die vorzugsweise entweder Peripherie oder Centrum betreffen, könnte meiner Ansicht nach eine Erklärungsweise wie die Fick's in Betracht kommen, und für einen solchen Fall, nämlich für die Erscheinungen der Santoninvergiftung, hat auch Helmholtz**) schon darauf hingewiesen.

Wie übrigens bereits an anderm Orte angedeutet***)

---

*) A. v. Graefe's Archiv Bd. XXII. 1, S. 29.

**) Physiologische Optik, S. 818.

***) Ueber Farbensysteme.

wurde und hier näher auseinandergesetzt werden soll, fällt jeder Widerspruch dahin, wenn man den Farbensinn des indirecten Sehens, wie denjenigen der verschiedenen Formen von Farbenblindheit, als unvollkommene Differenzirung sowohl in der Netzhaut als im Centralorgan auffasst.

Seinerseits verwirft auch Hering*) mit der ihm eigenen Energie die Art, in welcher Fick den Farbensinn des indirecten Sehens mit der Theorie von Helmholtz zu versöhnen sucht. „Die Annahme verschiedener speci-„fischer Erregbarkeit der drei Faserarten gegenüber jeder „einzelnen Strahlenart ist ein Kernpunkt der Theorie von „Helmholtz." Fick erlaubt sich, die specifische Erreg-barkeit der drei Elemente, durch welche die ganze Theorie von Helmholtz erst möglich wird, bei Farbenblindheit als nicht bestehend anzunehmen. „Eine solche Abände-„rung", sagt Hering, „könnte man fast als einen Selbst-„mord der Theorie bezeichnen." „..... Man darf eine „Theorie mit Hülfshypothesen unterstützen, wenn die-„selben die Grundlagen der Theorie nicht erschüttern; „aber man darf nicht eine Hülfshypothese machen, die „der wesentlichen Voraussetzung der ganzen Theorie wider-„spricht. Dies thut man aber, wenn man die Theorie von „Helmholtz dadurch modificirt, dass man für gewisse „Fälle die verschiedene specifische Erregbarkeit der drei „Faserarten gegenüber den einzelnen Strahlenarten leugnet, „durch deren Annahme doch die ganze Theorie erst mög-„lich wurde."

Hering's Einwand ist, wie man sieht, von dem mei-nigen verschieden; aber unsere Schlussfolgerungen sind gleich: Wir halten beide die Annahme Fick's für nicht zulässig. Wenn er aber die Einwände auch in Bezug auf die verschiedenen Formen der Farbenblindheit stark

*) Zur Erklärung der Farbenblindheit aus der Theorie der Gegenfarben. S. 18 u. ff. 1880.

betont, um sie gegen die Theorie selbst zu kehren, dann bin ich sein Gegner.

Hering beginnt (S. 15) mit der absoluten Farbenblindheit, wobei jede Farbenempfindung fehlt und allein die Empfindungen von Weiss und Schwarz mit ihren Uebergängen vorhanden sind, oder, um seine Ausdrücke zu gebrauchen, wobei die Lichtstrahlen „keinerlei farbige, sondern nur weisse Valenz haben."

Fälle, wie eine normale weisse Valenz dieselben erfordern würde, sind nach Hering's eigener Erklärung, „nicht genauer bekannt" — sagen wir ruhig: nicht bekannt*). Doch Hering beruft sich speciell auf einen durch Becker beschriebenen Fall von einseitiger Farbenblindheit, bei welchem die „weisse Valenz" wenigstens beinahe ausschliesslich und zwar für das farbenblinde Auge in gleicher Weise wie für das normale vorhanden war.

Verdient dieser Fall genügendes Zutrauen? Auf hundert Fälle von Farbenblindheit kommt kaum ein einseitiger. Fälle von absoluter Farbenblindheit bei übrigens normaler Sehschärfe sind nie beobachtet worden. Und nun soll der erste Fall dieser Art gerade auch ein einseitiger sein? — Glaube es, wer es kann!

Ueberdies liefern die Symptome Grund zum Misstrauen. Roth und Gelb werden nicht empfunden; aber Braun — d. i. Dunkelroth oder Dunkelgelb, wird auf allerlei Stoffen und Papieren, in Wasser- und Oelfarben als solches erkannt. Und bei der Untersuchung mit doppeltem Schatten sowohl mit Blau und Gelb als mit Roth und Grün heissen alle Schatten rein Grün, obwohl sonst kein Grün erkannt wird. Es könnte uns beinahe zur Verzweiflung bringen, wenn ein solcher Fall möglich wäre. Dass er bei einer Frau vorkommt, während Frauen höchst

*) Vergl.: Nog eens de kleurstelsels in onderz. physiol. labor. D. VIII bl. 95.

selten, vielleicht niemals, die normale Farbenblindheit zeigen, würde den Fall noch sonderbarer erscheinen lassen, wenn man nicht wüsste, dass man auch bei ihnen, und in erster Linie bei intelligenten jungen Damen, vor Täuschung ganz besonders auf seiner Hut sein muss.

Mein hochgeschätzter Freund Becker wird es mir nicht übel nehmen, dass ich trotz seiner meisterhaften Beschreibung und trotz der Vorsichtsmassregeln, die Betrug auszuschliessen scheinen, von meinem Skepticismus nicht abstehen kann: nicht dass ich seinem Fall eine bestimmte Störung des Farbensinns absprechen wollte — ich glaube nur, dass, was ich so oft gesehen habe, Wahres und Unwahres, bewusst und unbewusst, miteinander vermengt sind. Hering ruft beinahe triumphirend aus: „Selten haben die Thatsachen in so handgreiflichem Widerspruch zu einer Theorie (er meint die Theorie Young's) gestanden wie hier." Er irrt sich. Nicht die Theorie, allein die Erklärung der Farbenblindheit aus dem Mangel von Energien würde, sollten jene „Thatsachen" Vertrauen verdienen, darunter leiden. Und nun sie kein Vertrauen verdienen? — Meine Schlussfolgerung ist, dass von Seiten der absoluten Farbenblindheit die Young'sche Theorie nichts zu fürchten hat.

Sehen wir zu, was das dichromatische System gegen sie vermag.

Hering hat jetzt Fälle „beider Klassen", sogenannte Roth- und Grünblinde, wenn auch nicht mit Spectralfarben, untersucht und findet bestätigt, dass dieselben ein rein dichromatisches System besitzen, was ihn vom Standpunkt seiner Theorie zu dem Schlusse führt, dass sie Gelb und Blau als einfache Farben sehen. Ich glaube, dass er nicht weiter hätte gehen sollen als bis zu der Annahme, dass ihre Empfindungen complementär seien, mit andern Worten, dass, wie ich schon lange angenommen habe, ihre beiden Farben in bestimmtem Verhältniss eine neutrale Empfindung

hervorrufen, die unserm Weiss gleich oder vergleichbar ist. In dem neutralen Streifen N des Spectrums, zwischen b und F, wo die kalten und warmen Empfindungen sich im Gleichgewicht befinden, in dieser „ganz bestimmten Grenze „zwischen beiden Spectralhälften, wo nach Angabe der „Farbenblinden die Farbe vollständig ihren Charakter „ändert," sucht Hering ganz richtig den Beweis hierfür. Ich kann hinzufügen, dass gerade bei der Bestimmung von N der wahrscheinliche Fehler äusserst klein ist*), viel kleiner als seitlich von N, wo resp. in W und K die Saturation steigt: für die grosse Empfindlichkeit sollte wohl in dem Kehrpunkt von W und K der geringste Grund liegen, wenn man es hier nicht mit einer neutralen, sondern mit einer Mischung von zwei Empfindungen zu thun hätte. Auch sind intelligente Farbenblinde über den Unterschied zwischen farbig und farblos vollkommen im Reinen. Sie wissen, dass man durch Mischung von einer warmen Farbe mit einer kalten z. B. Roth mit etwas Blau oder umgekehrt nicht eine Mischung dieser beiden Farben zu sehen bekommt, sondern dass resp. W und K abblassen, bis sie bei einem gewissen Verhältniss dem Farblosen weichen, worin keines von beiden zu sehen ist. Im Weiss, so drückte sich einer meiner Farbenblinden aus, sehen wir beide Farben untergehen. Die Schilderung stimmt vollkommen überein mit dem, was normale Augen bei der Mischung von zwei Complementärfarben wahrnehmen, und ist durchaus verschieden von der Vermischung von Roth und Blau.

Dieses Resultat ist äusserst wichtig. Unter den fundamentalen Farben Young's kommen keine vor, die unter sich complementär sind. Hering erkannte denn auch mit Fick an, dass die Erklärung der Farbenblindheit aus dem

*) Vergl.: v. d. Weyde l. c. p. 15 und A. König, Verh. d. physik. Ges. in Berlin, 2. März. 1883.

Mangel einer Energie, von Roth oder Grün, mit sich bringen würde, dass die Farbenblinden anstatt Weiss eine Farbenmischung sähen. Und für Hering lag hierin eine starke Waffe gegen die Theorie selbst. Dem trat ich entgegen. „Niemand," behauptete ich, „kann glauben, dass für Grünblinde Weiss purpurfarben sei, gleich der Farbe, die für das normale Auge aus Roth und Violett gebildet wird, und niemand hat dies je geglaubt. Hering replicirt: „Wahrlich eine überraschende Bemer-„kung, da es allen anderen Ophthalmologen und Physio-„logen bekannt ist, dass kein Geringerer als Helmholtz „selbst es geglaubt hat und mit ihm Alle, die seiner Lehre „folgten."

Habe ich zu kühn gesprochen?

William Pole, der uns schon im Jahre 1856 eine klassische Beschreibung seiner eigenen Farbenblindheit gab, völlig bekannt mit der Theorie von Young und mit der Hypothese von Maxwell, ist im Zweifel. Herschel erklärt sich „strongly disposed to believe, that William Pole," von dessen Untersuchungen er in den Proceedings der Royal Society eine kritische Analyse gab, das Weiss ebenso sehe wie wir. Bei Maxwell fand ich einen Passus, aus dem hervorgeht, dass er die neutrale Linie nicht als eine Farbenmischung betrachtet, was schon das von ihm gebrauchte Wort „neutral" andeutet. Holmgren, der entschlossene Vertreter der Young'schen Theorie, untersuchte einen einseitig Farbenblinden, und unterliess sogar anzugeben, dass das farbenblinde Auge Weiss ebenso wahrnehme wie das andere, offenbar allein, weil er in Folge seines Verkehrs mit Farbenblinden Zweifel darüber für unmöglich hielt. Fick findet es nöthig, die rothe und grüne Energie bei den Farbenblinden zusammenfallen zu lassen, weil er nicht annehmen kann, dass sie die neutrale Linie farbig sehen. Endlich glauben es die Farbenblinden selbst nicht.

Und Helmholtz? . . . . . Ich anerkenne, dass er die Erscheinungen streng darstellt, so wie es die Hypothese erfordern würde, ohne irgendwelchen Vorbehalt*). Aber er beginnt bedingungsweise: „Daraus würde folgen, dass „die Rothblinden nur Grün, Violett und ihre Mischung, „das Blau, empfinden. Das spectrale Roth müsste ihnen „danach als gesättigtes lichtschwaches Grün erscheinen." Und dieser Anfang wirft einen gewissen Zweifel über die ganze Beschreibung. Ueberdies sagt Helmholtz von den peripheren Theilen der Retina, in denen Sonnenlicht ebenso gut die Empfindung von Weiss erzeugt als im Centrum (S. 301): „Sie (die Netzhaut) nähert sich dort einigermassen dem Zustand der Rothblindheit", und Schelske **), der unter der Leitung von Helmholtz arbeitete, findet hier eine „rothblinde Zone."

Wie dem sei, es lag in der That nahe, den Effect des gewöhnlichen Sonnenlichtes, sowohl in dem Zwei- als in dem Dreifarbensysteme, auf eine neutrale Empfindung zurückzuführen, und die beiden fundamentalen Farben, als partielle, in eine totale aufgehen zu lassen. Und beinahe unbewusst, trotz den Anforderungen der Hypothese, hatte die Vorstellung Eingang gefunden.

Dies möge meine Behauptung erklären und soviel nöthig entschuldigen. Uebrigens, unabhängig davon, hatte ich Recht zu sagen und wiederhole es: „Was Hering „vom Standpunkt der Farbenempfindungen aus gegen die „Theorie von Young einwendet, trifft nicht zu. Und was „darin noch etwa richtig wäre, trifft keineswegs die Theorie, „sondern nur die Hypothese, dass die zwei gebliebenen „Energien zweien des normalen Systems gleich sein sollten, „eine Hypothese, die ich immer streng von der Theorie „selbst getrennt hielt." Sie wurde von Young aufgestellt,

*) Handbuch der physiologischen Optik. S. 298.
** Archiv f. Ophth. Bd. IX. 3. S. 39.

bevor die durch Dalton beschriebene Anomalie bekannt wurde; und ist der erste Versuch, diese zu erklären, missglückt, so liegt zunächst kein Grund vor, die Theorie aufzugeben, sondern nur — sich nach einer andern Erklärung der Farbenblindheit umzusehen.

b) Die Farbenblindheit im Verband mit der Hering'schen Theorie.

Bei der Entwickelung seiner Theorie wies Hering auch gleich auf ihren Verband mit der Farbenblindheit. „Was „man jetzt einen Rothblinden nennt", so spricht er sich aus, „ist vielmehr ein Roth-Grünblinder, das heisst, es fehlt „ihm die roth-grüne Sehsubstanz. Dem entsprechend sieht „er farblos, was Anderen in einer der beiden Grundfarben „roth oder grün erscheint; in allen Roth oder Grün ent„haltenden Mischfarben aber sieht er nur das Gelb oder „Blau. In seinem Sonnenspectrum liegen nur zwei Partial„spectren; das schwarz-weisse und das gelb-blaue. Die „Stelle des Grün erscheint ihm farblos und theilt sein „Spectrum in eine gelbe und eine blaue Hälfte."

Allerdings ein Ausspruch, wie die Theorie der Gegenfarben ihn erheischt. Geht er ebenso bedachtsam mit den Thatsachen zu Rathe?

In erster Linie wird die Unterscheidung von Roth- und Grünblinden aufgehoben. Sie sind einander gleich; denn — wer rothblind ist, soll auch grünblind sein, nach den Anforderungen der Theorie, die für die beiden Farben nur eine Substanz kennt, die roth-grüne.

In zweiter Linie wird behauptet, dass der Farbenblinde farblos sehe, was anderen roth und grün erscheint. Dies ist thatsächlich nicht der Fall. Beide sieht er in derselben warmen Farbe, wie alle Farben — Roth, Orange, Gelb und Grün, die im Spectrum an derselben Seite von der neutralen Linie N gelegen sind. Weiss er helles Gelb zu unterscheiden, so ist der Grund einfach der, dass die warme

Farbe darin soviel Helligkeit mit soviel Sättigung vereinigt, wie keine der übrigen Farben erreichen kann. Grün kann wohl sehr hell sein, ist aber dann blass, Roth kann sehr gesättigt sein (und sich dadurch sogar charakterisiren), ist dann aber lichtschwach. Gelb braucht dann auch nur weniger saturirt oder weniger lichtstark zu sein, um Verwechselungen mit bestimmten Nuancen resp. von Roth und Grün zu veranlassen. Nichts ist leichter, als sich nach der Methode von Holmgren oder mit dem Doppelspectroscop hiervon zu überzeugen.

Wenn Hering weiter sagt, dass im Sonnenspectrum das Grün für den Farbenblinden farblos sei, und sein Spectrum in eine gelbe und blaue Hälfte theile, dann ist die erste Behauptung nicht richtig, denn nicht im Grün, sondern im Blaugrün liegt der neutrale farblose Streifen; und die zweite nicht bewiesen, denn es ist die Frage, ob der Farbenblinde die warme und kalte Farbe wirklich Gelb und Blau, und sehr zweifelhaft, ob Roth- und Grünblinde sie gleich sehen.

Hieraus dürfte sich ergeben haben, wie wenig Hering sich mit den Empfindungen der Farbenblinden bekannt gemacht hatte, als er schrieb, „die Widersprüche, in die „man sich, wie die neue Literatur über diesen Gegenstand „zur Genüge zeigt, immer wieder verwickelt, so oft man „die Farbenblindheit aus der Young'schen Theorie er„klären will, lösen sich, so viel ich bis jetzt sehe, leicht „bei der Erklärung aus meiner Theorie, wie ich später „selbst zu zeigen gedenke."

Hering's Schema ist höchst einfach: die roth-grüne Substanz fehlt und, mit der schwarz-weissen, bleibt daher allein die gelb-blaue über. So würde, umgekehrt, die Violettblindheit aus dem Mangel der gelb-blauen Substanz zu erklären sein und Blaugelb-Blindheit heissen müssen. Und als Seitenstück hätte man, wie Fleischl bemerkt, bei Mangel der schwarz-weissen Substanz noch Schwarz-

weiss-Blinde zu erwarten, wovon jedoch bis jetzt nichts verlautet hat.

Das Schema sagt also aus, dass dem Mangel der roth-grünen Substanz, d. h. dem Ueberbleiben der schwarz-weissen und der gelb-blauen nur eine bestimmte Form, ein Typus der Farbenblindheit entspricht. Roth- und Grünblindheit werden demnach eins. Mit dem Beweis, dass sie zwei Typen sind, wird das Hering'sche Schema ungenügend. Diese Frage möge daher noch einmal beleuchtet werden.

Die Unterscheidung verdanken wir, wie man weiss, Seebeck. Preyer*) nenne ich gern als Denjenigen, der beide Formen genau bestimmte und Fälle von Grünblindheit sorgfältig beschrieb. Holmgren fand dieselben bei seiner Sortirmethode wieder, bewies auch mit seinem Chromatoskiameter, dass in der ersten Klasse die Empfindlichkeit für rotherzeugendes, in der zweiten Klasse für grünerzeugendes Licht herabgesetzt ist, und dass die beiden Formen nicht in einander übergehen. Zu gleichem Resultat kamen Macé und Nicati. Hier bestätigten wir Holmgren's Resultat mit seiner Sortirmethode, mit der Drehscheibe, ferner mit der Einrichtung für die gefärbten Schatten von Becker, mit dem Colorimeter von Rose, endlich mit dem Doppelspectroscop. Jede dieser Methoden lieferte endgültige Beweise; aber den schlagendsten finden wir in den aus den Beobachtungen mit dem Doppelspectroscop abgeleiteten Curven der entsprechenden Lichtstärken.

Bevor ich meine Curven veröffentlichte, hatten v. Kries und Küster**) schon Vergleichungen angestellt zwischen einem Grünblau, nicht fern von dem neutralen gelegen

*) Pflüger's Archiv Bd. I., S. 299.

**) Archiv f. Anat. u. Physiol. 1879. Physiol. Abth. S. 513. Vergl. auch v. Kries, Die Gesichtsempfindungen und ihre Analyse, S. 145.

($\lambda = 0{,}5015$) und einer Mischung von Roth (C) und Indigo (F ½ G), aus welchen gleichfalls neutral zu erhalten ist, und reducirten dieselben auf 100 Roth. Die Resultate waren solcher Art, dass sie sich berechtigt hielten, die Fälle auf zwei Gruppen zurückzubringen, entsprechend den Roth- und Grünblinden. Dass dieselben nicht schärfer getrennt waren, kann weniger befremden, seit wir wissen, wie grossen Einfluss die Lichtstärke auf diese Vergleichungen ausübt, und wie störend beim Gebrauch von Tageslicht, abgesehen von der Inconstanz in der Zusammensetzung, sich jener Einfluss zu verschiedenen Zeiten geltend machen musste.

Viel schärfer charakterisiren sich die beiden Gruppen bei Bestimmung (mittelst Doppelspectroscop) der relativen Lichtstärke in dem weniger brechbaren Theil des Spectrums, von D bis B und a, wie ich an vielen Fällen gezeigt habe.*)

Unbestreitbar liegt in den erhaltenen Curven die Berechtigung der Unterscheidung von zwei Klassen, der sogenannten Roth- und Grünblinden. Ging ich bei den Vergleichungen anstatt von D von E aus, dann sank die Intensitätskurve für Rothblinde, im Vergleich mit der der Grünblinden, nach der Rothseite hin noch beträchtlich schneller.

Diesen Resultaten schliessen sich die später für das ganze Spectrum erhaltenen Curven der beiden Energien bei einer Anzahl Farbenblinder an, von welchen v. d. Weyde**)

---

*) Ueber Farbensysteme, Archiv Bd. XXVII. 1, S. 115. Die Curven Rb und Gb von Fig. 2 sind von v. Kries (l. c. p. 147) irrthümlich aufgefasst als erhalten von einem einzelnen Rothblinden und Grünblinden: sie sind Mittlere von vielen Fällen, die wenig auseinandergingen, Rb von 8 Rothblinden, Ht von 5 Grünblinden. Von zwei einzelnen Fällen gab Dr. van der Weyde (Methodisch onderzoek der kleurstelsels van kleurblinden. 1882. p. 7) die Curven.

**) v. Graefe's Archiv. Bd. XXVIII., 2. Abth. S. 11 u. 13.

zwei veröffentlichte, die er auf das Interferenzspectrum und auf gleiche Areas für die beiden Energien reducirt hatte, mit den Spaltweiten umgekehrt proportionalen Ordinaten. Sie lehren überdies, dass bei dem Grünblinden das Maximum und auch die neutrale N (der Kreuzungspunkt der Curven der beiden Energien) etwas mehr nach links verschoben ist, als bei dem Rothblinden, dessen Intensität von D ½ E bis F ½ G grösser ist als bei dem Grünblinden.

Ich glaube hiermit genug gethan zu haben, um Roth- und Grünblindheit als zwei verschiedene Typen zu vindiciren (vergl. Weitere Untersuchungen a. S. 74).

Mit diesem Resultate ist das Hering'sche Schema, wie wir sahen, unvereinbar.

Später, wo er auf die Farbenblindheit zurückkommt*), behält Hering sich vor, die Verhältnisse des farblosen Sonnenspectrums (das der weiss-schwarzen Substanz) ausführlich zu erörtern und weist darauf, „dass „die weisse Valenz der Strahlen grösster Wellenlänge schon „für den Farbentüchtigen klein ist", als ob von dieser Seite Hilfe auftauchen könnte. Doch ist es nicht die Frage, ob die weisse Valenz gross oder klein sei, sondern wie man aus dem Mangel von Hering's rothgrüner Substanz erklären soll, dass die Valenzen einmal (bei den Grünblinden) gross, im anderen Mal (bei den Rothblinden) klein sind, und wie die kleine in Uebereinstimmung zu bringen sei mit der offenbar normalen weissen Valenz im übrigen Spectrum: eine Verschiebung darf Hering ebenso wenig für die Curve seiner schwarz-weissen Substanz als für die der fundamentalen Farben von Young, woran Fick sich wagte, zulassen.

Und nun endlich, in seiner Kritik meiner Abhandlung (1882) scheint er auf jede Erklärung zu verzichten und

*) Zur Erklärung der Farbenblindheit. Prag 1880. S. 25.

giebt sich der Vorstellung hin, „dass es sich bei der Roth-„und Grünblindheit nur um individuelle Verschiedenheiten „handelt, die mit der eigentlichen Farbentheorie nicht mehr „zu thun haben, als die individuellen Verschiedenheiten der „Schwerhörigkeit mit der Theorie der Tonempfindungen." Sollte Hering wirklich der Meinung sein, dass die typischen regelmässig und harmonisch ausgebildeten einfachen Farbensysteme, die sich wie Vorstufen des verwickelteren normalen Systems ausnehmen, zu diesem in keiner andern Beziehung stehen als Schwerhörigkeit zu normalem Gehörsinn? — Ich kann es nicht glauben. Sagt er aber weiter: „Es stände „schlecht um die Theorie der Gegenfarben, wenn sie ohne „die Stütze, die sie in der pathologischen Farbenblindheit „gefunden hat, nicht bestehen könnte", so darf ich darin wohl das Geständniss erblicken, dass seine Theorie von Seiten der Farbenblindheit keine Stütze zu erwarten hat.

V. Weitere Untersuchungen.

Nach meinen früheren Mittheilungen habe ich meine Untersuchungen über Farbensysteme weiter fortgesetzt und erlaube mir die Resultate derselben hier in Kürze folgen zu lassen.

a) In Bezug auf Rothblindheit und Grünblindheit.

Bei meinen früheren Vergleichungen war der eine Uebelstand geblieben, dass sie nicht alle bei der nämlichen Beleuchtung geschehen konnten. Zusammensetzung und Stärke des Lichtes haben Einfluss auf die Gleichungen, und Gleichungen, bei verschiedenem Lichte erhalten, sind darum nicht mit einander vergleichbar.

Seit einiger Zeit nun habe ich eine Lichtquelle hergestellt, die der Forderung constanter Stärke ausreichend Genüge thut. Ich benutze eine starke mit constanter Höhe brennende Gasflamme (Brenner von Sugg), von

welcher Spitze und Basis durch ein Diaphragma abgeschnitten sind, so dass ausschliesslich das Licht der mittleren Partie, in der Höhe von 2 cm, auf das nahe befindliche mattgeschliffene farblose Glas gelangen kann, welches die directe Lichtquelle für den Spaltapparat abgiebt. Dieser letztere, früher beschrieben durch Dr. v. d. Weyde*), besitzt drei Spalten, zwei gepaarte neben einander, und einen einfachen, unmittelbar unter jenem Paare, in horizontaler Richtung verschieblich. Bei Vergleichungen von Mischungen mit einer einfachen Farbe, wird diese letzte durch den einfachen Spalt, die Componenten der Mischung durch die gepaarten Spalte geliefert.

Unmittelbar vor der Sammellinse sind Zwillingsprismen angebracht**), wodurch die drei Spalten sechs Spectra liefern, von denen drei abgeschnitten werden und drei in den Ocularspalt fallen: eins einzelstehend und die beiden eines gekoppelten Paares, und zwar unter einigermassen verschiedener Richtung. Das Auge, unmittelbar (ohne Ocular) vor den Spalt gehalten (Methode von Maxwell), sieht nun die Sammellinse erleuchtet, die untere Hälfte in der Farbe des Einzelspectrums, die obere in denen der Mischung, beide nur geschieden durch eine schmale schwarze Linie, die Verbindungslinie der Zwillingsprismen.

Hat man nur die Intensitäten von zweierlei Wellenlängen zu vergleichen, sei es der nämlichen aus zweierlei Lichtquellen, sei es von verschiedenen aus einer und derselben Lichtquelle, dann deckt man einen Spalt des Paares zu. Auf diese Weise sind nun bei einer grossen Anzahl Rothblinder und Grünblinder die relativen Intensitäten der verschiedenen Wellenlängen, vor Allem von denen der warmen Farbe untersucht. Von dem Resultat

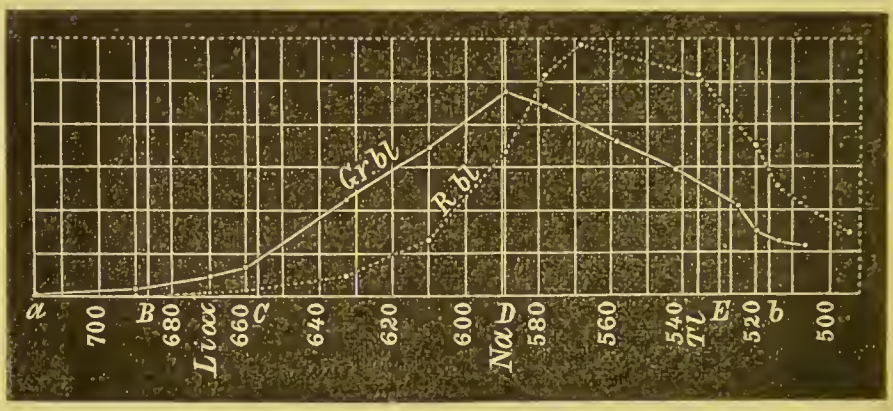
---

*) Dieses Archiv XXVIII. 2. S. 2.

**) S. v. Kries u. Frey. Archiv f. Physiologie. 1880. Vergl. v. d. Weyde l. c. S. 26. 1881. S. 336.

gebe ich hier nur zwei Curven: Rbl., einem Rothblinden, und Grbl., einem Grünblinden angehörig, — die Ordinaten umgekehrt proportional den Spaltweiten, bei denen gleiche Intensität erhalten ward, ausserdem der Abscisse entsprechend zurückgeführt auf das Interferenzspectrum und auf gleiche Flächenräume übertragen.

Fig. 1.



Mit diesen Curven nun stimmen die von anderen Rothblinden und anderen Grünblinden beinahe vollkommen überein.*) Und selbst bei Personen, welche wenig geübt sind, ist bei der homochromatischen Vergleichung, womit wir hier zu thun haben, der wahrscheinliche Fehler gering. Früher habe ich einzelne Fälle gefunden, wobei die Curven ungefähr die Mitte hielten zwischen denen der Roth- und Grünblinden, und ich habe auch keinen Anlass, die Richtigkeit dieser Beobachtung, wenn auch nach weniger vollkommenen Methoden angestellt, in Zweifel zu ziehen. Diesmal ist jedoch auf 8 Rothblinde und 10 Grünblinde kein Fall vorgekommen, der als Uebergangsform gelten

*) Mein Vorhaben ist sie später, in Verbindung mit anderen Vergleichungen, ausführlich zu veröffentlichen.

könnte. Uebergangsformen sind also jedenfalls höchst selten. In der That sind die Systeme der Roth- und der Grünblinden ebenso typisch als das des normalen Auges.

Während ich in der letzten Zeit vergebens nach einem Anschluss zwischen Roth- und Grünblindheit suche, und die Typen sich schärfer und schärfer charakterisiren, fahren Viele fort, nach dem Beispiele von Hering, in Uebereinstimmung mit dessen Theorie von Roth-Grünblinden zu sprechen. Sollte es nicht wünschenswerth sein, dass dieser Widerspruch aufhöre?

b) Uebergangsformen vom System der Grünblinden zum normalen.

Das System der Rothblinden fand ich in allen Fällen entschieden zweifarbig. Nur von dem der Grünblinden giebt es, wie früher von mir gefunden worden, Uebergangsformen zum normalen.

Die neue Untersuchung ging aus von Vergleichungen des Lord Rayleigh. *) Rayleigh hat beobachtet, dass, um aus Roth und Grün Gelb zu bilden, das erforderliche Verhältniss zwischen Roth und Grün bei verschiedenen Personen sehr auseinander geht. Eine Mischung, welche für die grosse Mehrheit Gelb gab, war für Andere entschieden roth. Farbenblindheit war, nach seiner Meinung, dabei nicht im Spiel. Es sollten vielmehr zwei Typen von normalem Farbensinn sein. Unter Mitwirkung von Dr. Waelchli, Dr. Sulzer und Dr. Burnham wiederholte ich die Vergleichungen in grösserem Maasstabe, dabei scharf bestimmte Spectralfarben anwendend und zwar das Roth Li der Lithiumlinie und das Grün Tl der Thalliumlinie als Componenten, das Gelb Na der Natriumlinie D als einfache Vergleichungsfarbe.

Das Resultat war, dass weitaus die Meisten zu einer und derselben Kategorie gehörten, wobei im Mittel Li 72.6

*) Nature 1881. p. 64.

+ Tl 27.4 = Na x. Aber einige Wenige kamen vor, welche eine zweite Kategorie darstellten mit im Mittel Li 45 + Tl 55 = Na x'. Diese indessen zeigten sich mit schwachem Farbensinn ausgestattet, der nur bei einem Einzelnen kaum zu constatiren war. Wirklich Farbenblinde konnten die Gleichung nicht einstellen: die Componenten und die Vergleichsfarbe gehören sämmtlich ihrer warmen Energie an, und die blossen Unterschiede der Sättigung liessen auch die besten Beobachter (wie Dr. v. d. Weyde) im Stich. — In Fällen schwachen Farbensinns näherten sich die Intensitätsgleichungen allen denen der Grünblinden.

Auffallend genug, fehlen die Uebergangsformen zwischen dem normalen und dem schwachen Farbensinn: für Tl : Li war das Maximum bei normalem Farbensinn 1 : 2, bei schwachem das Minimum 1 : 1.05, wozwischen eine grosse Lücke bleibt.*)

Wir haben also als Typen zu unterscheiden:

1. Rothblindheit,
2. Grünblindheit,
3. schwachen Farbensinn,
4. normalen Farbensinn;

und finden nur zwischen 3 und 4 eine gewisse Zahl von Uebergängen, während dieselben zwischen 1 und 2 und auch zwischen 2 und 3, wenn nicht gänzlich fehlen, doch höchst selten sind. Uebergänge von 1 zu 3 und 1 zu 4 habe ich durchaus keine gefunden.

Nicht nur von Na, sondern von allen zwischen Li und Tl gelegenen Farben, wurden Gleichungen angestellt, mit Gemischen von Li und Tl, sowohl bei schwachem als bei normalem Farbensinn, wobei sehr regelmässige Curven gewonnen wurden: es ergiebt sich, dass die

*) Es kommen ausnahmsweise Fälle schwachen Farbensinns vor, wobei das Verhältniss Tl : Li das normale ist. Diese sind noch näher zu untersuchen.

Gleichungen mit Na massgebend sind für alle zwischen Li und Tl gelegenen Farben.

Bei den hier besprochenen Gleichungen wurden jedes Mal die Intensitäten der Mischung aufgezeichnet und mit denen der beiden Componenten verglichen, wie sie durch Vergleichung mit der Farbe der Mischung erhalten wurden.

Im Gegensatze nun zu dem Satze von Grassmann*), zu den Resultaten von Weinhold**), für Mischungen von Roth und Grün, zu denen von Donders und Waelchli***), für das aus Gelb und Violett zusammengesetzte Weiss, und von Bruecke†) für Roth und Blau hat sich hierbei ergeben, dass die Intensitäten von Gemischen aus Li und Tl bei verschiedenen Lichtstärken, namentlich in der Gleichung

$$q\ Li + q'\ Tl = Q\ Na$$

viel geringer sind als die Summe der Intensitäten der Componenten.††) Für die Mischungen von Gelb (D) und von Blaugrün (λ 0.503) hat sich ähnliches ergeben. Diese und weitere Vergleichungen zwischen Gemischen zweier Spectralfarben und den dazwischen gelegenen einzelnen sollen anderswo mitgetheilt werden.†††)

c) Achromatopsie und Violettblindheit.

Wie aus dem Zweifarbensystem das normale geworden ist, so stellen wir uns vor, sei das Zweifarbensystem aus

---

*) Pogg. Annalen. LXXX. S. 92.

**) Ebend. N. F. II. 1877, S. 640.

***) Sectie-vergad. Utrechtsch genootschap 1880, und British med. Journ., 1880 p. 267 (Meeting of the med. assoc. Cambridge).

†) Ueber einige Consequenzen der Young-Helmholtz'schen Theorie. 1879, S. 16.

††) Proces. verb. der K. Akadem. van Wetenschappen. 1883. October en December.

†††) Onderz. physiol. Laborat. der Utrechtsche Hoogeschool. B. VIII en IX.

der Achromatopsie heraus entwickelt, — der Lichtsinn sei dem Farbensinn vorausgegangen. *)

Kommt nun der Lichtsinn ohne Farbensinn beim heutigen Menschen noch vor? Soweit ich dem nachzuforschen vermochte, nicht als Entwickelungsphase, sondern nur als pathologischer Zustand. Ich beschrieb früher einen Fall und untersuchte später die Intensitäten als Function der Wellenlängen: das Maximum lag bei λ 0.524 mit geringer Einschränkung an beiden Seiten. Die Erscheinungen waren:

a) Vollkommener Mangel des Farbensinns; alle farbigen Gläser, vor das Auge gehalten, wirkten wie graue: sie mässigten das Licht.

b) Herabgesetzte Sehschärfe $= \frac{4}{24}$ auf dem linken, $= \frac{6}{60}$ auf dem rechten Auge.

c) Lichtscheu. Starkes Licht, zumal Tageslicht blendete; nur bei gemässigtem Lichte wurde gut und andauernd gesehen.

d) Torpor. Nach Adaptation ist zwei- oder dreimal mehr Licht nöthig, um einen Helligkeitseindruck hervorzurufen oder die Figuren in dem Kästchen von Förster zu unterscheiden: dies erklärt die relative Verkürzung des Spectrums auf beiden Seiten.

Der Fall hat sich als typisch herausgestellt. Ich selbst sah einen zweiten der Art und übereinstimmende Fälle sind beschrieben durch Edmund Rose **) (sogen. lineäre Daltonisten), von Raehlmann ***), Magnus †),

*) Vergl. Allan Grant. The Colour sense. Its origin and development. London 1879.

**) Archiv für Ophthalmologie Bd. XII. 2, S. 98.

***) v. Graefe's Archiv Bd. XXII. 1, S. 47.

†) Centralblatt für praktische Augenheilkunde. 1880. S. 373.

Galezowsky *), Landolt **), Brailey ***) (aus der Praxis von Bowman) und von Nettleship†) (23 Fälle in 7 Familien). Alle diese Fälle (freilich bleiben einige Punkte zuweilen unerwähnt) gehören offenbar zu dem nämlichen Typus. Die Kennzeichen sind: absoluter Mangel des Farbensinns, einigermassen beschränktes Spectrum mit grösster Helligkeit nahezu in der Mitte; verminderte Gesichtsschärfe und grosse Empfindlichkeit für Tageslicht (nicht für künstliches Licht), vereint mit einem leichten Grad von Torpor, nach Adaptation im Dunkeln. Diese Merkmale weisen bereits genügend auf einen pathologischen Ursprung. Und sehr oft findet man überdem Nystagmus verzeichnet, nicht selten auch leichten Schwund der Papilla n. optici, und unter den Fällen von Nettleship, in derselben Familie, neben den typischen, andere Fälle mit weiteren Veränderungen im Fundus oculi, die auf intrauterine Entzündung hinweisen, ferner mit Störung des intellectuellen Vermögens in der Richtung zu Idiotismus. Auch Stilling giebt in seinem Atlas, ausser dem oben mitgetheilten Fall von Becker, nur einen von erworbener Farbenblindheit und einen complicirt mit Amblyopie an. Einen Fall von normalem Lichtsinn ohne Farbensinn habe ich nirgends entdecken können. Oft genug wurde mir durch Collegen die Aussicht darauf eröffnet, aber bei näherer, sei es hier, sei es anderwärts auf mein Ersuchen angestellter Untersuchung zeigte sich stets entweder das Vorhandensein von Farbensinn oder von weite-

*) Du diagnostic des maladies des yeux par la chromatoscopie rétinienne. Paris 1868.

**) A manual of examination of the Eyes, by Dr. E. Landolt, translated by Swan M. Burnett. M. D. Philadelphia 1879. pp. 190, 191.

***) Brief.

†) On cases of congenital day-blindness with colour-blindness; reprinted from St. Thomas Hospital-Reports No. X. 1880.

ren Störungen. Im lebenden Menschengeschlecht scheint reine Achromatopsie nicht vorzukommen.

In Bezug auf die sogenannte Violettblindheit, eine sehr seltene Form, ist meine Erfahrung sehr gering. In dem von mir untersuchten Falle wies das Spectrum des zerstreuten Tageslichtes ein breites graues Band auf, das sich über das brechbarste Gelb und das Grüngelb erstreckte. Bei stärkerer Beleuchtung wurden die Farben lebhafter und das neutrale Band schmäler. Von diesem Band steigt nach beiden Seiten die Sättigung bis an die Grenzen des Spectrums, während die Intensität auf der warmen Seite unmittelbar, auf der kalten auch bald zu sinken beginnt.

Holmgren hatte Gelegenheit, einen merkwürdigen Fall von einseitiger Violettblindheit zu untersuchen. Die warme Farbe war ein Roth, etwas nach Karmin hinüberneigend, „übereinstimmend mit dem äussersten Roth des Spectrums"; die kalte war ein Grün, etwas nach dem Blau hinneigend. Die Neutrale lag im Gelbgrün, ein wenig jenseits D. Von hier dehnte sich die warme Farbe aus, soweit als das Roth des normalen Auges, die kalte „mit „zunehmender Sättigung und dann mit stets dunkler wer„denden Nüancen bis zum Anfang des Violett, wo das „Spectrum absolut aufhört (etwa bei G)." Augenscheinlich war die Sättigung der Grundfarben in diesem Falle grösser als in dem meinigen.

Auch Stilling untersuchte einen Fall mit dem Spectroscop. Er fand an der violetten Seite keine Verkürzung, aber den Lichteindruck schon im Blau gering und farblos. Eines wie das Andere erweckt die Vermuthung, dass diffuses Licht im Spiele war, welches an den Grenzen des Spectrums uns so leicht Streiche spielt. Ueber die rothe Farbe, welche bei grosser Intensität des Spectrums an Stelle des Violett sollte gesehen worden sein, wage ich

kein Urtheil. In dem von mir untersuchten Fall zeigte sich, bei darauf gerichteter Untersuchung, davon Nichts.

Wie Holmgren bereits hervorhob, lassen sich die bei Violettblindheit gemachten Beobachtungen im Allgemeinen erklären aus der Gleichheit sämmtlicher Farben, welche an der einen oder an der anderen Seite der Neutralen vorkommen und aus der Farblosigkeit der Neutralen sowohl wie des Gemisches der beiden Grundfarben. Aber es wunderte mich doch, meinen Violettblinden blaue (worunter blaugrüne) und violette Wollbündel, beide Farben in sehr verschiedener Lichtstärke und Saturation, zwar etwas langsam, aber doch vollkommen richtig sortiren zu sehen, wobei er die ersteren grün, die letzteren blau nannte. — Von rosa Wolle gehen rothe und blaue Strahlen aus, wovon die ersteren die warme, die letzteren die kalte Farbe erregen. Als solche müssen diese einander neutralisiren und die überwiegende allein übrig lassen und zwar bleicher, weniger gesättigt. Und dennoch werden derlei Bündel Rosawolle auch von blassblauen unterschieden. Mein Violettblinder erklärte sogar, in den rosafarbenen Bündel entschieden etwas Röthliches zu sehen. Sollte hier etwas Aehnliches im Spiele sein, wie bei v. d. Weyde*), der in rosenrothen Wollebündeln die beiden Farben sah, das Blau auf der beleuchteten, das Roth auf der beschatteten Seite der Fäden, einfach weil bei schwächerem Lichte das Roth, bei stärkerem das Blau mehr hervortritt? Ich kann es nicht entscheiden.

Im Ganzen ist unsere Erfahrung hinsichtlich der Violettblindheit noch sehr beschränkt. Von Farbengleichungen bei Violettblindheit besitzen wir noch wenig; von unvollkommenen Violettblinden wissen wir so gut wie Nichts. Wir dürfen erwarten, dass aus Farbenvergleichungen auf

*) Methodisch onderzoek der kleurstelsels van kleurblinden. 1882. bl. 4. — Vergl. Onderz. Labor. derde reeks. D. VII.

der kalten Seite des Spectrums, nach dem Muster der Gleichungen von Tl + Li = Na, neue Anhaltspunkte hervorgehen werden. Dann erst wird die Frage nach dem Zusammenhang zwischen der Violettblindheit und anderen Formen der Farbenblindheit uns beschäftigen können. Für den Augenblick können wir nicht einmal entscheiden, ob die Violettblindheit als eine Entwickelungsstufe, eine Entwickelungsanomalie oder vielmehr, wie die Achromatopsie, als ein pathologischer Zustand anzusehen ist. *)

d) Farbensinn ausserhalb des gelben Flecks.

Für die richtige Beurtheilung der Farbenblindheit ist der Farbensinn des indirecten Sehens von besonderem Gewicht. Jeder weiss, dass er in der Peripherie minder entwickelt ist als im Centrum. Aubert erkennt zwischen beiden nur „einen graduellen Unterschied" an, aber die meisten Beobachter haben den Farbensinn in der Peripherie verglichen mit Rothblindheit, manche auf der Grenze des Gesichtsfeldes sogar eine Zone von absoluter Achromatopsie angenommen.

Die gewöhnliche Art der Untersuchung bestand in der Feststellung der Veränderungen, die die verschiedenen Farben vom Centrum gegen die Peripherie erfahren. Die von mir befolgte Methode zielte auf Farbengleichungen, wie man sie bei der Untersuchung des Farbensinns im Centrum anzuwenden gewöhnt ist. Zwei farbige Quadrate wurden, in geringem Abstande von einander, auf einer linealförmigen Korkplatte festgesteckt, welche mit schwarzem Sammet überzogen und vor einem mit gleichem Sammet überzogenen aufrecht stehenden Halbcylinder, der den Bogen des Perimeters umspannt, aufgehängt. Während die Blicklinie bei primärem Stand sich in horizontaler Rich-

*) Verg. Onderz. physiol. Labor. 3. reeks. VIII. S. 101.

tung der Fläche entlang bewegte, fiel das Bild des einen Quadrates etwas oberhalb, das des anderen etwas unterhalb des horizontalen Meridians. Die Quadrate wurden bedeckt mit einem etwas breiteren, gleichfalls mit schwarzem Sammet überzogenen Lineal, und beim Fixiren unter einem bestimmten Winkel wird das Lineal mit den Quadraten plötzlich freigelegt, um auf's Neue bedeckt und unter der nämlichen oder einer anderen Richtung der Blicklinie wieder entblösst zu werden. Das hohe diffuse Himmelslicht bescheint die Fläche recht regelmässig. Beständig auf den schwarzen Sammet gerichtet, wird das Auge sehr empfindlich für die Quadrate und sehen die Farben dann beinahe glänzend aus.

Aus den Versuchen ergab sich nun, dass die Netzhaut ungefähr 40° schläfenwärts von der Fovea sich ungefähr verhält wie die Umgebung der Fovea bei den Grünblinden. Roth, Orange, Gelb und Grün, als zur warmen Farbe gehörig, werden bei geeigneter Lichtstärke und Sättigung hier einander gleich; ebenso wenig lassen sich Blau, Indigo und Violett der kalten Farbe hier von einander unterscheiden. An der nämlichen Stelle verwandeln sich die neutralen Farben der Grünblinden, — Blaugrün, Carmin und Rosenroth vom richtigen Tone, — schnell in Grau. Bedeckt man sie nun mit einem Grau von entsprechender Helligkeit, so spürt man durchaus keine Veränderung; nimmt man aber darnach das Grau weg, dann sieht man die Farbe wieder für einen Augenblick schwach zum Vorschein kommen, um gleich wieder dem Grau Platz zu machen.

Medianwärts von der Fovea geben erst schwächeres Licht und längere Einwirkung gleiche Resultate.

Von dem Bestehen einer absoluten farbenblinden Zone auf der äussersten Grenze des Gesichtsfeldes konnte ich mich nicht überzeugen. Kräftiges Blau zeigte sich hier immer noch bläulich und wurde erst allmälig grau, um,

wenn es einige Augenblicke mit Grau bedeckt gewesen, auf's Neue als blauer Ton zum Vorschein zu kommen. Nach kurzer Einwirkung mit Grau verdeckt, macht Blau einem gelblichen Scheine Platz, welchen kräftige warme Farben auch direct beim Entblössen hervorrufen. — Helle, kräftige Farben behalten etwas von ihrem Charakter, bis auf grossen Abstand von der Fovea.

Der Schluss hieraus ist dieser: dass, bei der Abnahme des Farbensinnes gegen die Peripherie hin, das System allmälig dem dichromatischen sich nähert, zunächst der Grünblindheit, weiterhin der Rothblindheit, um auf der äussersten Grenze diese letztere in ihrer unvollkommensten Form zu vergegenwärtigen, das ist bei höchst geringer Sättigung der Farben, der Achromatopsie nahekommend. Der Unterschied zwischen den Systemen der Farbenblinden und dem des peripherischen Sehens besteht nur darin, dass bei dem letzteren Farbenunterschiede noch eben auftauchen, welche das farbenblinde Auge gar nicht empfindet. Fügt man zu dem Allen noch die Thatsache, dass, in Fällen schwachen Farbensinns, schon in geringer Entfernung von der Fovea, Grünblindheit in ihrer zweifellosen Form auftreten kann, dann lässt sich die Analogie zwischen dem peripherischen Farbensinn und dem Zweifarbensystem wohl nicht in Zweifel ziehen.

Der peripherische Farbensinn nun lässt sich offenbar nicht anders auffassen, denn als ein normales System, welches einen weniger vollkommenen Grad der Entwickelung darstellt als das centrale. Und so nahe verwandt damit (wenn auch nicht absolut gleich) sind die einfacheren Systeme der Farbenblinden, dass wir schon darum auch in diesen kaum etwas Anderes sehen können als eine weniger vollkommene Differenzirung.

Für den phylogenetischen Ursprung spricht nun auch ferner die

e) Uebertragung der Farbenblindheit auf nachkommende Geschlechter.

Männer theilen sie nicht ihren Söhnen mit, aber durch Zwischenkunft ihrer Töchter, bei denen sie latent bleibt, ausschliesslich ihren Enkeln. Dies scheint das einstimmige Ergebniss Aller zu sein, welche sich mit dieser Frage beschäftigten. Auch mir ist noch nie ein Fall von Farbenblindheit bei Vater und Sohn vorgekommen, und wo es sich ereignen möchte, würde noch zu beweisen sein, dass der Sohn sie nicht seiner Mutter zu verdanken hat. Die Uebertragung hat also vollkommen den Charakter des Rückschlages, des Atavismus. Und sie muss als solcher wohl unterschieden werden von der Vererbung secundärer Geschlechtsmerkmale im Allgemeinen, die allerdings sich auch nur in einem der Geschlechter aussprechen und von dem Geschlechte, in welchem sie latent bleiben, durch Uebertragung diesem einen mitgetheilt werden können, die aber gleichfalls vom Vater oder der Mutter direct beziehentlich auf den Sohn oder die Tochter übertragen werden. *)

---

*) Vergl. Darwin. The Descent of Man and selection in relation to sex. I. p. 279 en 282. London 1871, und: The Variation of Animals and Plants under domestication. T. II, p. 71, voorts p. 83—84. London 1860.

Einige offenbar krankhafte Zustände kommen auch mit Vorliebe bei dem einen oder anderen Geschlecht erblich vor und können auch durch Zwischenkunft des Geschlechtes, in welchem sie ganz oder beinahe ganz latent bleiben, fortgepflanzt werden. Aber sie gehen doch auch direct über von den Eltern auf die Kinder. Für die Bluterkrankheit, die Hämophilie, wurde das letzte wohl bezweifelt. In Bezug auf die beiden von Hämophilie heimgesuchten Familien von Pella, in Graubünden, berichtet Vieli (Journ. de Méd. et de chir. prat. Août 1841), dass ausschliesslich durch Zwischenkunft der Frauen, obschon alle frei von manifester Hämophilie, die Krankheit übertragen wurde. Aber bei anderen Schriftstellern findet man eine genügende Anzahl von Fällen verzeichnet, wo die Uebertragung direct von Vater auf Sohn geschah (vergl. Grandidier, Die Hämophilie

Dieser Unterschied ist, soviel ich sehe, nicht genügend beachtet worden. Ich lege ihm grosse Bedeutung bei. Der Rückschlag hat ja im Allgemeinen Bezug auf eine frühere Entwickelungsform. Er mag daher als ein Grund gelten, um das System der Farbenblinden für eine dem normalen System vorausgegangene Form anzusehen. Und so werden wir zu der Vorstellung geführt, dass die Entwickelung des normalen aus dem Zweifarbensystem bei der Frau zuerst einen Anfang nahm und dann vielleicht ausschliesslich auf ihr Geschlecht fortgepflanzt wurde, um sich erst später auch mehr und mehr im männlichen Geschlecht zu offenbaren, indem, nebst Uebung, Naturwahl (in der Befriedigung von Bedürfnissen und im Vermeiden von Gefahren) und, insbesondere, Geschlechtswahl sich geltend machte.*) Bei dieser letzteren spielt, wie man weiss, der Schönheitssinn eine grosse Rolle — und nicht am Wenigsten der Sinn für Farben, die wir Natur und Kunst wie um die Wette aufbieten sehen. Und sollte auch heutzutage der Farbenblinde, der für den Reiz von Rosenwangen und Purpurlippen keine Augen hat, auf dem Gebiete des Ge-

---

oder die Bluter-Krankheit. Leipzig 1855). Tritt diese directe neben der indirecten stark in den Hintergrund, so beachte man dabei, dass die Männer, welche selbst leidend sind, in Folge dessen oft ihr Leben einbüssen, bevor sie im Stande sind, Kinder zu erzeugen. Uebrigens steht wohl fest, dass bei der Erzeugung von Blutern der Einfluss der Mutter überwiegt, vielleicht, wie behauptet wurde, in Verbindung damit, dass das Leiden bei den Frauen nicht gänzlich latent ist. Von reiner Reversion, wie bei der Farbenblindheit, kann bei der Hämophilie keine Rede sein. (Vergl. über Hämophilie die Abhandlung von Immermann, in Ziemssen, Handbuch d. spec. Pathol. u. Therapie. Bd. XIII, 1876.)

*) Vergl. Grant Allen, The Coloursense, its Origin and Development. London 1879, — dessen Versuch von Alfred Wallace (Nature 1879. Vol. XIX. p. 501), trotz vielfacher Bedenken „an interesting and suggestive work" genannt wird, — ein Ausspruch, dem ich vollständig zustimme.

schlechtslebens wohl zu den eifrigsten Kämpfern gehören und den glücklichen Besitzern des vollkommenen Systems nicht um Einiges nachstehen? In dieser Weise ist nach meiner Vorstellung das normale System allmälig das Erbtheil auch der Männer geworden und kommt das Zweifarbensystem nur noch ausnahmsweise durch Rückschlag zum Vorschein. Ob unter gewissen Umständen auch aus früheren Geschlechtern sich als Atavismus noch Fälle von Farbenblindheit zeigen, wird schwerlich durch Erfahrung festzustellen sein.

Was hier über die Entwickelung des Farbensinnes gesagt wurde, bezieht sich nicht auf die durch Geiger und Gladstone zur Sprache gebrachte Entwickelung in historischen Zeiten. Ich glaube, dass man allgemein eingesehen hat, was schon gleich von Zehender hervorgehoben wurde, dass man kein Recht hat, aus dem Fehlen des Wortes auf das Fehlen der Empfindung zu schliessen. Auch von der empirischen Seite wurde, von Grant Allen, alsbald diese Hypothese bekämpft. Vom Gedanken geleitet, dass der Farbensinn von uncultivirten Völkern für die aufgeworfene Frage entscheidend sein könnte, beeilte er sich, aus allen Welttheilen darüber Berichte einzuholen, und diese führten sämmtlich zu dem Schluss: „That the coloursense is, as a whole, absolutely identical throughout all branches of human race." Diese allgemeine Gleichheit gestattete nicht die Vorstellung, dass es bei den Alten anders gewesen sein sollte. — Zu gleichem Resultate führten die Bemühungen von Pechuël-Lösche und Magnus, und veranlassten den Letzteren, welcher anfänglich die Lehre von Geiger und Gladstone befürwortet hatte, zu dem Geständniss: dass er sich „über die Tragweite der durch sprachvergleichende Untersuchungen gewonnenen Erkenntniss betrogen hätte."

Aber Grant Allen beschränkte sich nicht hierauf. Man hatte Verband gesucht zwischen dem Farbensinn der Alten und der Farbenblindheit, und als wollte er dieser Vorstellung auch die Stütze rauben, die ihr von Seite der Farbenblindheit geboten war*), setzte er die Farbenblindheit herab zu einer Culturkrankheit. Mangelt sie denn bei uncultivirten Völkerschaften? Die Berichte schwiegen darüber, und jetzt (ein paar Karawanen von etwa 10 Nubiern werfen diese Regel nicht um) hat sich das Gegentheil herausgestellt. Selbst bei den Tschuktschen, welche kaum Berührung mit der Civilisation gekannt haben, fand Almquist**) das gewöhnliche Verhältniss an Farbenblinden, auf 310 Individuen 9 (alle Männer) und überdem nicht weniger als 18 mit schwachem Farbensinn. Und was die Stände in unserer Gesellschaft betrifft, so wird wohl von einer grösseren Verhältnissziffer in den unteren Volksklassen berichtet***), aber, soviel ich weiss, nicht von dem Gegentheil.

Bei einer secundären Entstehung der Farbenblindheit wäre auch die Forterbung, ausschliesslich durch Rückschlag, ohne Beispiel, wesshalb sie als ein wichtiger Grund für den phylogenetischen Ursprung angeführt wurde, dem auch das hier constatirte allgemeine Vorkommen der Zweifarbensysteme das Wort redet.

---

*) Vergl. Dr. Pole in Nature. 1878. p. 676.

**) Siehe den Brief von Almquist in Holmgren: Bidrag till belysning af frögen Färgsinnets historiske Utveckling. 1879.

***) Siehe u. A.: Magnus, dieses Archiv XXIV. 4, p. 206 und v. Reuss, Id. XXIX. 2, p. 254.